ANNALES

DES

SCIENCES NATURELLES

CINQUIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2

ANNALES
DES
SCIENCES NATURELLES

CINQUIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

COMPRENANT

L'ANATOMIE, LA PHYSIOLOGIE ET LA CLASSIFICATION
DES VÉGÉTAUX VIVANTS ET FOSSILES

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE

MM. AD. BRONGNIART ET J. DECAISNE

TOME XX

PARIS
G. MASSON, ÉDITEUR
LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE DE PARIS
PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE
1874

ANNALES

DES

SCIENCES NATURELLES

BOTANIQUE

ANATOMIE COMPARÉE

DES TIGES ET DES FEUILLES

CHEZ LES GNÉTACÉES ET LES CONIFÈRES

Par M. C. E. BERTRAND.

INTRODUCTION

Il y a plusieurs années déjà, à la suite d'études sur les *Abies*, je fus conduit à rechercher si l'on pouvait différencier anatomiquement les espèces de ce genre. Je reconnus alors qu'il était possible de tirer de l'examen de la structure anatomique des organes végétatifs (tiges et feuilles) de ces plantes d'excellents caractères spécifiques. Dans une première note, je fis connaître les résultats de mes observations, et en même temps j'appelai l'attention sur les rapports que j'avais trouvés entre les *groupes spécifiques naturels* et la *distribution géographique* des plantes qu'ils contiennent. Je trouvai une sorte de parallélisme entre la flore de l'ancien continent et la flore de l'Amérique du Nord; plus tard, je trouvai le même parallélisme entre la flore des îles australiennes et la flore de l'Amérique du Sud.

Ce premier essai fut le point de départ d'un travail plus considérable, dont j'ai consigné les résultats dans le présent mémoire.

Je me suis proposé d'*étudier comparativement les caractères anatomiques des tiges et des feuilles des Gnétacées et des Conifères*, et en même temps de *déterminer les rapports qui existent entre la distribution géographique de ces plantes et leur classification naturelle*. Pour arriver à ce but, j'ai étudié l'anatomie des organes végétatifs de chacun des genres de ces deux familles ; puis j'ai comparé entre elles toutes ces monographies.

Depuis longues années déjà, l'attention des botanistes avait été attirée à plusieurs reprises sur les Conifères. La question de la *gymnospermie*, les phénomènes remarquables de la *fécondation*, avaient amené les anatomistes à s'occuper de la structure de ces plantes, etc. Une autre question d'un grand intérêt avait aussi provoqué des recherches sur le même sujet ; il s'agissait de déterminer l'espèce de bois des Conifères que l'on trouve le plus fréquemment parmi les bois flottés. Toutefois la question n'était pas épuisée ; personne encore ne s'était proposé de faire l'anatomie comparée des Conifères. Les mémoires de MM. Geyler, Wiesner, Schröder, Thomas, étaient des essais nécessitant des études plus complètes et plus approfondies.

C'est dans ces conditions que j'entrepris mon travail. Comme je l'ai déjà dit, je fis d'abord une monographie de chaque genre ; car, en dehors de l'anatomie du *Taxus baccata* par A. B. Frank, et de quelques recherches de Hugo de Mohl, H. Schacht, Th. Hartig, MM. Göppert et Dippel, rien de semblable n'avait encore été fait. Cette lacune comblée, je comparai entre elles toutes ces monographies, et je trouvai qu'à l'exception des *Cupressinées*, encore faut-il retrancher de celles-ci les genres *Cryptomeria*, *Taxodium* et *Fitz-Roya*, que tous les genres pouvaient être différenciés anatomiquement. D'où cette première conclusion, les genres des Conifères sont séparés l'un de l'autre par des différences beaucoup plus tranchées que les autres genres des Phanérogames. Alors je rapprochai les genres voisins ; je séparai les genres dissemblables ; j'établis de la sorte une classification dans les Conifères et dans les Gnétacées. J'ai placé cette classification en tête de mon étude de la structure anatomique des genres de chacun de ces groupes.

Ce premier travail terminé, je comparai entre elles les structures des espèces de chaque genre ; j'établis de la sorte des groupes spécifiques naturels, et en mettant en regard de chaque espèce le pays qu'elle habite, je trouvai les rapports des classifications spécifiques naturelles et de la distribution géographique.

Chemin faisant, je rencontrai quelques questions d'anatomie générale, comme la structure du liber, le parcours des faisceaux et des glandes résinifères et la décortication. Je trouvai encore quelques questions de morphologie que je me suis efforcé de résoudre : c'étaient les cladodes de *Phyllocladus*, les aiguilles du *Pinus monophylla* et du *Sciadopitys verticillata*.

J'ai divisé ce travail en deux parties : 1° les *Gnétacées*, 2° les *Conifères*. La première partie comprend trois paragraphes, la seconde en comprend cinq. Chacun des paragraphes de la seconde partie a été divisé en plusieurs paragraphes secondaires, contenant chacun un groupe de genres réunis entre eux par de grandes affinités.

Dans chacun de ces paragraphes secondaires, j'ai donné : 1° l'*historique* de l'état actuel de la science sur la question dont il est traité ; 2° la *structure de la tige*, faisceaux et tissu fondamental ; 3° la *structure de la feuille*, faisceaux et tissu fondamental ; 4° la *structure de l'écaille ;* 5° le *parcours des faisceaux primaires de la tige ;* 6° un *tableau synoptique des caractères anatomiques des espèces* dont il est question dans le paragraphe ; 7° la *synonymie et la distribution géographique* de ces plantes. Je me suis quelque peu écarté de cet ordre à propos du genre *Welwitschia*.

Des conclusions et quelques planches complètent le travail.

En terminant, j'adresserai mes remercîments aux savants professeurs du Muséum qui m'ont dirigé dans ces recherches que j'ai faites dans les laboratoires de l'École pratique des hautes études.

GNÉTACÉES.

Les Gnétacées contiennent trois genres :

I. — *Welwitschia* Hooker.

II. — *Ephedra* Tournefort.

III. — *Gnetum* Linné.

I. — WELWITSCHIA Hooker.

Syn. : Thoumboa Welw.

Historique. — Le genre *Welwitschia* ne contient qu'une espèce, le *W. mirabilis*, qui fut découverte, le 16 août 1860, par le docteur Welwitsch, au cap Negro, non loin de San-Paulo de Loanda. Les échantillons du docteur Welwitsch, arrivés en Angleterre au jardin de Kew en 1861 et 1862, furent décrits par le docteur J. D. Hooker en 1863 (1). Dans son beau mémoire sur cette plante, le savant botaniste essaya, mais ce ne fut qu'un essai, d'en donner l'anatomie. Depuis cette époque, les auteurs qui ont parlé du *Welwitschia*, faute de matériaux sans doute, n'ont fait que citer ce qu'avait dit M. J. D. Hooker (2).

Comme il m'a été donné, et c'est à M. J. Decaisne que j'en suis redevable, d'étudier un *Welwitschia* adulte sec, mais très-bien conservé, j'ai cru devoir reprendre l'étude de la structure anatomique de cette singulière plante.

Structure de la racine (3). — *Faisceaux.* — Le système

(1) Docteur J. D. Hooker, *The Welwitschia, a new Genus of Gnetaceæ*, London, 1863, in *Transact. of the Linnean Society*, vol. XXIV.

(2) Ed. Strasburger, *Die Gnetaceen und die Coniferen*, 1 vol. gr. in-8 avec 26 pl. Iena, 1873. — Sachs Julius, *Lehrbuch der Botanick*, in-8, Leipzig, 1873. — Otto Buch, *Scglerenschymzellen*. Breslau, 1870.

(3) La science ne possédant actuellement aucune donnée sur *la structure anatomique de la racine de Welwitschia*, j'ai cru devoir, en m'écartant un peu du sujet que

vasculaire d'une très-jeune racine secondaire se compose de deux faisceaux de trachées (*t*,*t*, fig. 1, pl. 1) symétriquement placés par rapport à l'axe de la racine (*c*, fig. 1, pl. 1); contre ces trachées, entre celles-ci et le centre, se développent des vaisseaux grêles (*v*,*v*, fig. 1, pl. 1), à ponctuations simples très-étroites ; les deux amas de vaisseaux ne tardent pas à se rencontrer au centre de l'organe. Le liber primaire est représenté par deux faisceaux diamétralement opposés de grosses fibres libériennes. Le plan des faisceaux libériens est perpendiculaire au plan des faisceaux vasculaires primaires.

A un âge plus avancé, on voit se former quatre arcs de cambium, deux à droite, deux à gauche du plan des faisceaux vasculaires primitifs. En se divisant tangentiellement en avant et en arrière, ce cambium engendre d'un côté des fibres ligneuses aréolées, dont quelques-unes se changent en vaisseaux aréolés étroits ; de l'autre, des cellules cambiales, qui se transforment les unes en fibres libériennes, quelques autres en fibres lisses, à parois minces ; d'autres enfin se cloisonnent horizontalement, donnant ainsi du parenchyme libérien (*l*, fig. 1, pl. 1).

Par suite des progrès du développement, les deux faisceaux libéro-ligneux, qui étaient à droite du plan des faisceaux vasculaires primaires, se confondent en une seule masse libéro-ligneuse (*a*, fig. 2, pl. 1). Les deux faisceaux de gauche se sont également réunis. A ce moment, le cambium de ces faisceaux libéro-ligneux engendre en avant (1) des fibres ligneuses, dont un grand nombre se cloisonnant horizontalement donnent du parenchyme ligneux, qui rappelle assez bien par son aspect du liber primaire non épaissi ; en arrière des fibres libériennes striées dans deux sens, du parenchyme libérien et des cellules grillagées (fig. 9, pl. 1), sur leurs faces transversales, qui sont extrêmement obliques, aussi bien que sur leurs faces latérales.

Pendant que les quatre faisceaux libéro-ligneux se réduisaient

je désire traiter dans ce mémoire, faire connaître les résultats de mes recherches sur ce point.

(1) *En avant du cambium* veut dire entre ce tissu et le centre ; *en arrière du cambium* signifie compris entre le cambium et la périphérie.

à deux par suite des progrès du développement, il se formait de chaque côté du plan de ces deux masses libéro-ligneuses un certain nombre d'arcs de cambium qui engendreront des faisceaux libéro-ligneux secondaires, en tout semblables, comme structure élémentaire, à ceux que je viens de décrire. Ces faisceaux secondaires sont toujours séparés du système vasculaire primaire par une masse plus ou moins considérable de tissu fondamental (*b*, fig. 2, pl. 1). Ceci fait, de nouveaux arcs de cambium apparaissent dans le tissu fondamental, et forment de nouveaux faisceaux libéro-ligneux secondaires entre les faisceaux déjà existants et la tige ; mais toujours la partie ligneuse d'un faisceau secondaire regarde l'axe primitif de la racine (fig. 13, pl. 12).

Tissu fondamental et décortication. — Dans le jeune âge, le tissu fondamental de la racine se compose de cellules arrondies, et le système tégumentaire n'est représenté que par une couche de cellules épidermiques. Jusqu'au moment de l'apparition des faisceaux libéro-ligneux secondaires (*b*, fig. 2, pl. 1), les cellules du tissu fondamental grossissent, puis meurent et se dessèchent ; quelques-unes s'allongent aux deux extrémités, épaississent leurs parois, et se transforment en *fibres pseudo-libériennes* (1) ; d'autres se développent en cellules rameuses, dont les parois se sclérifient, c'est-à-dire que non-seulement elles s'épaississent, mais que, dans la membrane cellulaire même, il se forme des cristaux d'oxalate de chaux. Ce travail de destruction procède toujours de dehors en dedans, c'est-à-dire que les cellules des couches les plus extérieures meurent les premières. Il apparaît alors dans

(1) D'accord avec MM. G. Kraus (*a*) et Pfitzer (*b*), je donne le nom de *fibres hypodermiques*, d'*hypoderme*, aux cellules du tissu fondamental accolées contre la couche épidermique, lorsqu'elles présentent un développement particulier. Je désigne sous le nom de *fibres pseudo-libériennes*, de *cellules pseudo-libériennes*, les cellules du tissu fondamental non en contact avec l'épiderme, qui épaississent assez notablement leurs parois pour ressembler extérieurement à une fibre libérienne.

(*a*) Kraus, *Ueber den Bau der Cycadeen Fidern* (*Pringsh. Jahrb.*, Bd. III, Heft 2, 1865, Taf. XIX-XXIII).
(*b*) Pfitzer, *Ueber d. Mersch Epidermis und der Hypoderma* (*Pringsh. Jahrb.* Bd. VIII, Heft 1 ; — Bd. VII, Heft 4).

le tissu fondamental des arcs de phellogène, qui forment un anneau complet autour de la tige. Ce phellogène engendre, en se divisant tangentiellement en avant et en arrière, du suber herbacé et du liége (*a*, *b*, fig. 4, pl. 1). Les cellules du liége sont cubiques, petites, à parois très-minces; elles ne vivent que très-peu de temps. Les cellules du suber herbacé s'arrondissent, augmentent de volume, et forment un parenchyme qui a tous les caractères extérieurs du tissu fondamental ; quelques-unes des cellules de ce tissu se sclérifient.

L'état de choses que je viens de décrire ne persiste pas longtemps ; bientôt en effet de petits arcs de phellogène apparaissent de distance en distance dans le tissu résultant de la transformation du suber herbacé, et détachent des lentilles de ce tissu.

Des faisceaux libéro-ligneux secondaires peuvent se former dans le suber herbacé.

Glandes résinifères (*g*, fig. 2, pl. 1). — Pendant que se forment les faisceaux libéro-ligneux, pendant que s'accomplissent les phénomènes qui ont pour résultat la formation de l'écorce crevassée (*rhytidome*), on voit se former des glandes résinifères dans le tissu fondamental, aussi bien que dans le suber herbacé, que j'appellerai d'un mot très-caractéristique, la *seconde écorce primaire* (1). La membrane des cellules qui vont prendre part à la formation d'une glande s'épaissit un peu, puis s'amincit en même temps qu'elle se dédouble; les cellules s'écartent, se séparent, et commencent en même temps à sécréter de la résine.

La résine dissoute dans l'essence de térébenthine est combinée au protoplasma ; ce n'est qu'à la mort de celui-ci que la résine devient libre, et que, filtrant alors à travers les membranes, elle tombe dans la lacune résultant de l'écartement des cellules glandulaires.

(1) Par le mot d'*écorce primaire* j'entends ici le tissu fondamental compris entre les faisceaux et le système tégumentaire.

A peu près en même temps que se forment les glandes résinifères (1), on voit apparaître, dans les membranes de certaines cellules du tissu fondamental, des cristaux très-petits d'oxalate de chaux (2). Ceci fait, la paroi peut s'épaissir (la cellule est alors *sclérifiée*), ou bien au contraire rester mince. Dans les deux cas, il arrive souvent que la membrane se dédouble, et que les cristaux semblent implantés ou accolés sur les parois cellulaires qui bordent un méat intercellulaire.

NOTE A.

Historique des recherches sur les glandes résinifères des Conifères.

En 1837, Meyen (3) regarde la résine comme un produit de sécrétion. M. Karsten (4) signale les glandes résinifères des feuilles de *Podocarpus salicifolia*, et considère la résine comme un produit analogue à la gomme, *résultant d'une altération morbide des parois cellulaires*.

H. Schacht en 1853 (5), et H. von Mohl en 1859 (6), reprennent la manière de voir de Meyen.

En 1860, M. Karsten confirme ses observations de 1847.

M. Wigand en 1861 (7), ainsi que M. Hooker en 1863, acceptent les résultats de M. Karsten.

(1) Le Dr J. D. Hooker, dans son travail sur le *Welwitschia*, acceptant les observations de M. Karsten d'après lesquelles la résine ne serait que le résultat d'une altération morbide des parois cellulaires; M. Hooker, dis-je, annonça que le *Welwitschia* a des *canaux à gomme*; pour cet auteur, le gonflement de la paroi qui précède la formation de la glande ne serait que le commencement d'un travail de désorganisation, de dégénérescence gommeuse. (Pl. 12, fig. 14, *On the Welwitschia.*)

(2) Ce phénomène se rencontre très-fréquemment dans le liber des Conifères; j'aurai donc l'occasion de revenir sur ce point. A ce propos, je dois encore rectifier la figure 15, planche 12 du travail de M. Hooker cité plus haut. La coupe représentée sur cette figure passe dans le voisinage d'une glande à résine où des granules de cette substance paraissent avoir été pris pour des cristaux libres.

(3) Meyen, *Secretion-Organe d. Pflanz.* Berlin, 1837, in-8, sans planche.

(4) Karsten, *Vegetation-Organe d. Palmen* (*Abh. d. Berl. Akad.*, 1847, p. 208-231, Taf. VII).

(5) H. Schacht, *Der Baum*, 1re édition.

(6) H. von Mohl, *Ueb. d. Gen. d. Terpenthin* (*Bot. Zeit.*, 1859, p. 333).

(7) Wigand, *Ueber die Desorganisation d. Pflanzenzelle* (*Pringsh. Jahrb.*, Bd. III, Heft 3, 1861).

M. Dippel, en 1863, dans son étude sur les glandes résinifères d'*Abies pectinata* (1), nie les résultats de M. Karsten, et rejette par suite les idées de M. Wigand sur l'origine de la résine.

M. J. N. Müller, en 1867 (2), étudie la formation des glandes résinifères. M. J. Sachs, en 1872 (3), fait la même étude. Ils arrivent tous deux à cette conclusion, que la résine est un produit de sécrétion, et non un produit d'altération des parois cellulaires.

M. Van Tieghem (4) a étudié les glandes résinifères au point de vue de leur parcours, mais il n'a rien dit de leur mode de formation.

Structure de la tige. — La tige de *Welwitschia mirabilis* est un énorme cône très-court, dont le sommet est en bas, et dont la base, divisée en deux parties par un sillon profond, rappelle par sa forme une selle de cheval. Les deux feuilles cotylédonaires, les seules que ce végétal produise pendant toute sa vie, s'insèrent dans une gouttière profonde, qui existe sur le bord du plateau, à droite et à gauche de la dépression médiane. Les pédoncules floraux naissent au bord supérieur des gouttières cotylédonaires, presque à l'aisselle des cotylédons.

La tige adulte se compose de deux arcs de cambium qui longent les gouttières cotylédonaires (5), de trois espèces de faisceaux, d'une masse considérable de parenchyme fondamental, et d'une couche d'épiderme qui ne recouvre pas tout le végétal (fig. 14, pl. 12).

Tissu fondamental et système tégumentaire. — Le tissu fondamental se compose de cellules arrondies, courtes, dont un très-

(1) Dippel, *Histologie d. Coniferen* (*Bot. Zeit.*, 1863).

(2) J. N. Müller, *Pringsh. Jahrb.*, Bd. V.

(3) J. Sachs, *Lehrbuch.*

(4) Van Tieghem, *Sur les canaux sécréteurs des plantes* (*Ann. sc. nat.*, 5e série, 1873, t. XVI).

(5) Hooker (*l. c.*) parle d'une couche de méristème qui envelopperait toute la tige, mais que je n'ai jamais rencontrée.

grand nombre se transforment en sclérites (1). C'est à ces éléments que la partie extérieure de la tige doit son extrême dureté; ces sclérites sont surtout extrêmement abondants dans la partie supérieure du plateau caulinaire.

De même que dans la racine, nous trouvons de distance en distance des glandes résinifères dans le tissu fondamental de la tige.

Le système tégumentaire n'est représenté que par une couche épidermique d'une seule rangée de cellules. L'épiderme, formé de grandes cellules perpendiculaires à la surface extérieure de la plante, part du collet, recouvre toute la partie inférieure de la plante, se réfléchit dans la gouttière cotylédonaire, et dans cette région se couvre de stomates; il tapisse les deux faces des feuilles, se réfléchit de nouveau, sort de la gouttière, monte un peu le long du bord supérieur de celle-ci, puis disparaît. Les pédoncules floraux sont recouverts d'épiderme. Les couches cuticulaires et la cuticule sont extrêmement épaisses, et remplies de cristaux très-petits d'oxalate de chaux.

Faisceaux. — Les nombreux faisceaux que l'on rencontre dans la tige de *Welwitschia* peuvent se classer en trois groupes :

1° Les *faisceaux médians* (M, fig. 14, pl. 12);

2° Les *faisceaux ascendants* (A, fig. 14, pl. 12);

3° Les *faisceaux descendants* (D, fig. 14, pl. 12).

Les premiers se rendent dans les feuilles, les seconds vont dans les pédoncules floraux.

Les faisceaux descendants, ou faisceaux propres de la tige, se composent (fig. 12, pl. 1) de deux ou trois cellules ligneuses à ponctuations aréolées, de quelques fibres ligneuses, de quelques cellules cambiales lisses avec une ou deux fibres libériennes (2).

(1) Otto Buch a mentionné ces sclérites d'après M. Hooker, dans son mémoire cité plus haut, page 2 : *Sclerenchymzellen*. Breslau, 1872.

(2) Jamais ces faisceaux n'ont de trachées; ce ne sont que des faisceaux secondaires.

Très-souvent, à un âge avancé, la partie libérienne de ces faisceaux est tellement atrophiée, qu'elle n'est presque plus visible. On ne trouve pas de gaîne protectrice autour des faisceaux descendants.

Quant au trajet des faisceaux descendants, on les voit partir de la partie inférieure du système des faisceaux médians, avec lesquels ils s'anastomosent peut-être (1) ; ils se recourbent vers la partie inférieure de la tige, se divisent en plusieurs branches grêles composées exclusivement de cellules ligneuses courtes et de fibres aréolées, qui communiquent largement ensemble. Arrivées dans le voisinage de l'épiderme, toutes les branches s'anastomosent entre elles et avec les branches terminales des faisceaux voisins, formant ainsi un lacis inextricable.

Quels sont les rapports des faisceaux descendants avec les fais ceaux primitifs de la tige? L'échantillon unique que j'ai étudié ne m'a pas permis de résoudre cette question.

Structure de la feuille; faisceaux médians. — La feuille se compose d'un certain nombre de faisceaux vasculo-libériens parallèles entre eux, entourés de toutes parts par un parenchyme dont les cellules sont gorgées de chlorophylle ; le tout est recouvert d'une couche de cellules épidermiques.

Les faisceaux parallèles que nous trouvons dans la feuille partent du centre de la tige, où ils forment le système des faisceaux médians; ils sont horizontaux; ils traversent les zones cambiales qui bordent les gouttières cotylédonaires, et présentent en ce point un point d'accroissement intercalaire; de là les faisceaux entrent dans la feuille (2). Chacun de ces faisceaux se compose (fig. 1, pl. 2) d'un certain nombre de grosses trachées, dont les spirales, très-volumineuses, ne contiennent pas de canalicules;

(1) Le professeur J. Sachs, dans son *Lehrbuch der Botanik*, regarde les faisceaux descendants comme des ramifications des faisceaux horizontaux; mais ce n'est là qu'une hypothèse qui ne repose d'ailleurs sur aucune observation. (Voy. la traduction française de cet ouvrage, p. 571.)

(2) Jamais, dans la région de leur parcours que j'ai pu étudier, je n'ai vu ces faisceaux se diviser ni former d'anastomoses.

seulement la substance qui constitue la spire n'est pas homogène(1) : sous les trachées, on trouve des fibres ligneuses aréolées (fig. 8, pl. 1); quelques-unes de ces fibres s'accroissent un peu plus que leurs voisines; elles communiquent largement ensemble, et représentent morphologiquement les gros tubes ponctués, que nous allons rencontrer chez les *Ephedra* et les *Gnetum*. Entre les trachées et les fibres ligneuses, il y a souvent des vaisseaux étroits à ponctuations simples. Sous les éléments ligneux, nous trouvons un arc de cambium qui conserve sa vitalité pendant assez longtemps (2) ; puis nous rencontrons un mélange de cellules grillagées dont les grillages sont très-fins, et de cellules cambiales cloisonnées horizontalement pour former du parenchyme libérien ; enfin, quelques fibres libériennes touchent les cellules de la gaîne.

Au-dessus des trachées, entre celles-ci et la membrane protectrice, on trouve des cellules, les unes allongées, lisses, terminées en pointe ; les autres, courtes, dérivent des premières par cloisonnement transversal ; les cellules qui touchent les cellules de la gaîne sont fortement épaissies, et rappellent les fibres libériennes.

Chaque faisceau est entouré par une gaîne protectrice composée de cellules cubiques, dont les parois très-épaisses sont couvertes de ponctuations simples, très-profondes, qui donnent souvent naissance à de véritables réticulations.

Nous ne possédons rien sur les relations des faisceaux médians avec les faisceaux primaires du centre de la tige.

L'épiderme de la feuille a la même structure sur la face inférieure et sur la face supérieure de cet organe; il se compose de cellules cubiques un peu plus hautes que larges, et disposées en files parallèles aux nervures. De distance en distance, on rencontre les puits au fond desquels sont cachés les stomates (fig. 15, 16, pl. 1); ces organes ont été très-bien figurés par

(1) J. Sachs, *loc. cit.*

(2) L'orientation du faisceau est déterminée en supposant les trachées en haut et le liber en bas, c'est-à-dire comme dans la fig. 1, pl. 2. Cette position du faisceau est d'ailleurs celle qu'il présente dans la feuille.

M. Solms Laubach (1). Chaque stomate se compose d'une paire de cellules réniformes, encastrées à la partie inférieure de deux cellules épidermiques ; celles-ci sont placées à leur tour sous quatre autres cellules épidermiques. Par suite de cette disposition, les antichambres sont très-profondes ; les couches cuticulaires des cellules de l'épiderme sont très-volumineuses, et j'ai déjà dit qu'elles étaient criblées de très-petits cristaux d'oxalate de chaux.

Sous l'épiderme supérieur et au-dessus de l'épiderme inférieur, on trouve de volumineux faisceaux de fibres hypodermiques (2). Très-souvent on trouve aussi des faisceaux de fibres pseudo-libériennes entre les faisceaux fibro-vasculaires.

Le reste de la feuille est rempli par un parenchyme à cellules courtes, arrondies, qui rappelle assez bien le parenchyme en palissade, là où ce tissu touche l'épiderme. La plupart des cellules de ce parenchyme se transforment en sclérites, surtout celles qui touchent l'épiderme.

Il n'y a pas de glande résinifère dans la feuille.

Structure du pédoncule floral (3). — Le pédoncule floral se compose d'un certain nombre de faisceaux libéro-vasculaires ouverts, qui tous regardent l'axe de cet organe, au moins à la base du pédoncule. Chacun de ces faisceaux contient (fig. 18, pl. 1 ; fig. 2, pl. 2) (4) quelques trachées, quelques vaisseaux étroits, des fibres ligneuses plus ou moins volumineuses, une petite zone de cambium, dont l'activité s'éteint de très-bonne heure. Joignons à cela des fibres libériennes, quelques cellules

(1) Solms Laubach, *Ueber einige geformte Vorkoxalsauren Kalkes in Lebenden Zellmembrann* (*Bot. Zeit.*, 1871, n°s 31, 32, 33, Taf. VI).

(2) Ces fibres hypodermiques sont fortement épaissies et ne présentent aucun des caractères d'un tissu séveux, comme le dit M. Sachs, p. 576 (*loc. cit.*, p. 7).

(3) Je traiterai ici de la structure du pédoncule floral, parce qu'il me paraît indispensable de connaître la structure de ce pédoncule pour bien comprendre la structure de la partie supérieure de la tige.

(4) Les éléments du faisceau sont énumérés dans l'ordre même dans lequel on les rencontre en allant du centre du pédoncule floral à la périphérie.

cambiales lisses du parenchyme libérien, et quelques cellules grillagées à grillages très-peu accentués.

Le tissu fondamental, traversé par les faisceaux dont je viens de décrire la structure, se compose de cellules courtes, arrondies ou polyédriques, ou prismatiques, à parois assez épaisses et à ponctuations simples ; un grand nombre de ces cellules se transforment en fibres pseudo-libériennes. Une couche d'épiderme recouvre toute la surface de l'organe. Cet épiderme est composé de cellules cubiques, courtes, petites, très-différentes des cellules épidermiques de la feuille (fig. 17, pl. 1). De distance en distance, on trouve quelques stomates qui ont à peu près la même structure que chez les *Ephedra*.

Quelques-unes des cellules du tissu fondamental qui touchent l'épiderme s'épaississent beaucoup, formant ainsi quelques cellules hypodermiques. Ces éléments sont d'ailleurs très-peu importants.

Chaque pédoncule floral s'attache au fond d'un godet elliptique creusé dans le bord supérieur de la gouttière cotylédonaire. Les faisceaux du pédoncule floral pénètrent dans la tige, et vont directement se mettre en contact avec les faisceaux médians. Y a-t-il anastomose entre les faisceaux médians et les faisceaux des pédoncules floraux ? Je ne saurais le dire, je ne l'ai jamais vu. Quand un pédoncule floral tombe, il entraîne toujours avec lui la partie de l'épiderme qui l'avoisine immédiatement. Les faisceaux qui s'y rendaient sont rompus ; ils traversent toute la partie supérieure de la tige, et font saillie au dehors au fond des crevasses qui couvrent cet organe. Ainsi s'explique cette structure si singulière de la partie supérieure de la tige du *Welwitschia*, qui se compose d'une masse de parenchyme traversée par des faisceaux rectilignes indivis, qui font saillie au dehors dans une partie dépourvue d'épiderme.

II. — EPHEDRA Tournefort.

Syn. : CHÆTOCLADUS Nelson.

Distribution géographique. — Les *Ephedra* se rencontrent en Europe, en Arabie, en Asie Mineure, en Perse, dans toute la Chine, et dans l'Amérique du Sud. Dans l'Amérique du Nord il n'y en a qu'une seule espèce, *E. antisyphilitica* C. Meyer, qui habite le Mexique. Il n'y a pas d'*Ephedra* en Australie.

Les *Ephedra* ont une tige rampante composée d'entre-nœuds cylindriques cannelés. Les stomates forment des files linéaires au fond des sillons qui couvrent les tiges ; le nombre de ces files, variant d'un individu à l'autre pour une même espèce, ne peut être pris en considération pour la détermination des espèces. Chaque mérithalle porte à sa partie supérieure une gaîne écailleuse, brune, dure, formée de deux écailles soudées par leurs bords (1). Ces écailles ne sont que des feuilles atrophiées. La surface des tiges très-âgées est couverte d'une filasse brune semblable à celle des vieux *Sequoia.*

Structure de la tige (2) (fig. 16, pl. 12). — *Faisceaux.* — Dans la tige très-jeune, chaque faisceau primaire se compose

(1) Voyez la note sur *Ephedra triandra*, à la fin du genre *Ephedra.*

(2) HISTORIQUE.—Les gros tubes ponctués d'*Ephedra* ont été signalés pour la première fois par Kieser en 1815 (*a*). Ces éléments furent étudiés ensuite par Meyen en 1830 (*b*), puis en 1831 par H. von Mohl (*c*). M. H. R. Göppert, dans son *De structura anatomica*, donna en 1841 une description des fibres ligneuses et des rayons médullaires d'*Ephedra ;* il en figura aussi l'écorce, mais ces figures contiennent quelques inexactitudes. Incidemment, M. Carl Sanio, vers 1859 (*Bot. Zeit.*), a étudié la structure de l'écorce primaire d'*Ephedra.* Le parcours des faisceaux primaires de la tige d'*Ephedra* a été étudié par M. C. Nägeli en 1858 (*d*), et par M. Th. Geyler en 1867 (*e*).

(*a*) Kieser, *Grundzüge der Anatomie der Pflanzen.* Iéna, 1815.

(*b*) F. J. F. Meyen, *Phytotomie,* 1830.

(*c*) H. v. Mohl, *Vermischte Schrift.,* 1845. Tubingen, in-4°.

(*d*) C. Nägeli, *Beitr. z. wissenschaft. Botan.* 1858, Heft 1, pl. 2.

(*e*) Th. Geyler, *Ueber d. Gefassbündelverlauf* (*Pringsh. Jahrb.*, 1867, Bd. VI, Heft 1 et 2).

d'un certain nombre de trachées derrière lesquelles (1) on trouve des vaisseaux grêles couverts de ponctuations étroites, de parenchyme ligneux, de fibres ligneuses aréolées (fig. 3, pl. 3). A un âge plus avancé, on voit se produire entre les fibres ligneuses aréolées de gros vaisseaux couverts de ponctuations aréolées. Ces ponctuations forment de deux à cinq files verticales sur chaque vaisseau. Si l'on poursuit un de ces éléments, on le trouve coupé de distance en distance par des cloisons transversales obliques qui sont couvertes de ponctuations simples très-grosses et très-souvent perforées. Kieser (2) et Meyen (3) avaient déjà signalé les gros vaisseaux ponctués qui différencient le bois des *Ephedra* du bois des autres Conifères, lorsque H. von Mohl (4) les décrivit complétement en 1831. Certaines fibres ligneuses, en se développant, augmentent beaucoup de volume, elles s'élargissent, s'hypertrophient pour ainsi dire ; les cloisons transversales qui séparent les cellules d'une même file verticale se perforent et le vaisseau est formé.

La présence de ces gros vaisseaux aréolés dans le bois des *Ephedra* et des *Gnetum* distingue immédiatement les Gnétacées des Conifères (fig. 7, pl. 3).

Le liber primaire d'un faisceau primaire se compose exclusivement de fibres libériennes à parois très-épaisses (fig. 3, pl. 3). Le liber secondaire est compris entre les fibres ligneuses et le liber primaire. Dans les tiges qui ne sont pas très-âgées (trois à quatre ans environ), le cambium engendre, comme éléments libériens, des fibres libériennes, des cellules lisses terminées en pointe aux deux extrémités, et du parenchyme libérien; les cellules lisses sont donc les représentants morphologiques des cellules grillagées du liber mou des autres plantes dicotylédones.

(1) Toutes les descriptions de faisceaux seront faites en les supposant orientés par rapport au centre de la tige et en direction radiale pour les faisceaux de la tige ; et en allant des trachées au liber pour les faisceaux des organes appendiculaires.

(2) Kieser, *Grundzüge der Anatomie der Pflanzen*. Iéna, 1815.

(3) F. J. F. Meyen, *Phytotomie*, 1830.

(4) H. v. Mohl, *Vermischte Schrift.*, 1845. Tubingen, in-4°.

Dans une très-vieille tige nous trouvons comme éléments anatomiques du liber : les fibres libériennes épaissies (1) et le parenchyme libérien ; plus, des cellules dont les faces latérales et transversales portent des ponctuations grillagées (fig. 9, 10, pl. 3). Nous voyons bientôt une première cause mécanique qui doit amener de profondes modifications dans la structure du liber dans la suite du développement. Les cellules du parenchyme libérien, en se développant, augmentent beaucoup de volume ; elles se boursouflent, s'arrondissent, compriment les éléments voisins, si bien qu'il n'en reste bientôt plus de trace. Aussi voyons-nous le vieux liber secondaire formé de parenchyme libérien et de fibres libériennes, mortes ou inactives depuis très-longtemps, et disséminées par groupes de deux ou trois entre les cellules parenchymateuses (fig. 6, pl. 3).

Tissu fondamental et système tégumentaire. — La moelle est formée de cellules arrondies ou polyédriques, au centre ; presque cylindriques dans le voisinage des faisceaux, sans ponctuations dans le jeune âge, à ponctuations simples quand la plante est âgée. La moelle ne subit aucune transformation qui soit digne d'être notée ; les cellules voisines des faisceaux sont petites, quelquefois longues, pointues aux deux extrémités ; quelques-uns de ces éléments épaississent notablement leurs parois et se transforment en fibres pseudo-libériennes. Ces cellules de la moelle voisines des faisceaux conservent leur vitalité pendant très-longtemps.

Les rayons (fig. 7, pl. 3) secondaires (2) sont, en général, formés de deux rangs de cellules courtes aplaties, à parois épaisses couvertes de ponctuations simples. Les parois tangentielles de ces cellules sont inclinées à 45 degrés environ sur la direction du rayon considéré. Entre les masses libériennes secondaires de deux faisceaux voisins, les cellules des rayons

(1) Souvent leurs parois contiennent des cristaux d'oxalate de chaux.

(2) Les rayons médullaires secondaires présentent un point d'accroissement intercalaire dans la zone cambiale, par conséquent on peut les considérer comme faisant partie du faisceau. On peut aussi les considérer comme appartenant au tissu fondamental secondaire ; et alors on peut les étudier avec le tissu fondamental.

ont des parois minces qui se couvrent bientôt de ponctuations réticulées en tout semblables à celles que l'on voit sur les cellules du parenchyme libérien. Ces cellules grossissent, se boursouflent, et bientôt il est impossible de dire ce qui était d'abord parenchyme libérien.

Dans le jeune âge, le système tégumentaire est formé par une couche d'épiderme, qui ne tarde pas à se couvrir de stomates ; chaque stomate (fig. 2 *a*, fig. 4, pl. 3) se compose de deux cellules réniformes enchâssées à la face inférieure de quatre cellules épidermiques, qui lui forment une antichambre très-profonde.

Pendant que les stomates apparaissent, la masse du tissu fondamental comprise entre les faisceaux et l'épiderme, et qui est composée de cellules arrondies gorgées de chlorophylle, se différencie ; certains groupes de cellules qui sont au contact de l'épiderme s'allongent en forme de fibres, puis épaississent considérablement leurs parois et forment ainsi des faisceaux de fibres hypodermiques. Les couches cuticulaires de l'épiderme et les membranes primaires des fibres hypodermiques sont criblées de très-petits cristaux d'oxalate de chaux (1).

Les phénomènes qui produisent la formation des faisceaux d'hypoderme déterminent de la même manière, au milieu du parenchyme herbacé, des faisceaux de fibres pseudo-libériennes.

Décortication. — Un anneau complet de phellogène apparaît dans le parenchyme herbacé et engendre, en se divisant tangentiellement d'un seul côté (vers l'extérieur) (2), des cellules cubiques courtes, rectangulaires, lisses, à parois minces à peine ondu-ées, qui ne vivent que très-peu de temps. Plus tard des arcs de

(1) Ces cristaux sont solubles dans l'acide chlorhydrique, insolubles dans la potasse et l'acide acétique ; ils ont la forme d'enveloppe de lettre. Voyez à ce sujet M. Solms Laubach (*a*) et M. J. Vesque (*b*).

(2) *Division unilatérale externe.*

(*a*) Solms Laubach, *loc. cit.*

(*b*) J. Vesque, *Annales sciences naturelles*, 5e série, t. XIX, p. 300, et *Recherches sur l'influence des milieux, sur les formes cristallines de l'oxalate de chaux* (travail inédit).

phellogène apparaissent au milieu du liber mou ; ils produisent de petites lames de liége (fig. 5, pl. 3) et forment de minces écailles de rhytidome. Jamais, chez les *Ephedra*, il n'y a production de suber herbacé.

Les écailles de rhytidome ainsi séparées des parties vivantes se détruisent rapidement ; les seuls éléments qui résistent pendant un temps notable à l'influence des agents atmosphériques sont les fibres libériennes, qui forment ainsi un revêtement filamenteux à la tige âgée.

Structure de l'écaille (fig. 11, 12, pl. 3). — Chez les *Ephedra*, les écailles se composent d'une couche d'épiderme dont la cuticule et les couches cuticulaires sont remplies de cristaux d'oxalate de chaux. Sous cet épiderme, il y a de nombreuses fibres hypodermiques qui enveloppent une masse de parenchyme. Dans ce parenchyme courent *deux* faisceaux *fibro-vasculaires* parallèles, réduits à quelques trachées et à quelques gros vaisseaux ponctués.

Les expansions membraneuses qui bordent les écailles sont formées d'une double couche de cellules épidermiques ; par suite des progrès du développement, les cellules de la couche externe compriment les cellules de la couche interne, la cavité de ces dernières peut même disparaître entièrement.

Parcours des faisceaux. — C'est à M. le professeur Nägeli qu'on doit la première description du trajet des faisceaux fibro-vasculaires d'*Ephedra* (1). Le docteur Th. Geyler revint sur ce sujet en 1867 (2).

Dans chaque entre-nœud il y a quatre paires de faisceaux primaires (3) : deux paires latérales, une à droite, l'autre à gauche, une paire antérieure et une paire postérieure. Si les

(1) Nägeli, *Beiträge z. wissensch. Botanik*, Heft 1, Leipzig, 1858, pl. 2, fig. 12, p. 58-62. Avant M. Nägeli, A. Henry avait donné la Phyllotaxie des *Ephedra* (*Beiträge z. kenntn. d. Laubknospen*, 1847).

(2) Th. Geyler, *Ueber Gefässbund* (*Jahrb.*, 1867, Heft 1, Bd. VII).

(3) Je supposerai l'axe de la tige vertical et le plan du tableau passant par cet axe, entre les faisceaux de chaque paire latérale.

faisceaux des paires latérales entrent dans les feuilles au premier entre-nœud que l'on trouve en montant, les faisceaux des paires antérieure et postérieure sortiront au nœud suivant ; tandis que par leur autre extrémité ils vont se confondre avec les faisceaux des paires latérales dans l'entre-nœud au-dessous de celui que nous considérons. Chacun des faisceaux antérieurs et postérieurs se confond avec celui des faisceaux latéraux qui en est le plus proche : ainsi, l'antérieur droit se confond avec le latéral droit antérieur. Au niveau du nœud, il y a un léger épatementd es faisceaux.

L'étude de la structure des tiges et des écailles ne m'a fourni que des données tout à fait insuffisantes et très-incertaines pour la distinction des espèces ; je ne puis également établir de rapport entre la distribution géographique des *Ephedra* et leurs affinités spécifiques.

Note sur l'Ephedra triandra. — A chacun des entre-nœuds de la tige d'*Ephedra triandra* on trouve quatre écailles soudées par leurs bords ; mais la structure de ces écailles est la même que celle de ces organes chez les autres *Ephedra*. La tige contient huit paires de faisceaux au lieu de quatre.

III. — GNETUM Linn. (1).

Syn. : THOA Aubl., ABUTUA Lour., GNEMON Rhumph., ULA Rheede.

Distribution géographique.— Les *Gnetum* habitent les régions tropicales de l'Amérique, de l'Asie et de l'Océanie.

Leur tige est sarmenteuse. Dans le jeune âge, la surface de cet organe est couverte de fines cannelures ; plus tard l'écorce se couvre de petites crevasses horizontales et de petites saillies lisses. La coupe transversale d'une tige âgée montre un nombre

(1) Les échantillons secs que j'avais à ma disposition pour faire l'anatomie des *Gnetum* ne m'ont pas permis de déterminer :

« 1° La formation des faisceaux secondaires ;

» 2° La formation du périderme ;

» 3° Les différences anatomiques que peuvent présenter les feuilles des différentes espèces. »

considérable de faisceaux secondaires bien séparés (fig. 15, pl. 12), qui entourent un système central de faisceaux primaires. La plupart des botanistes citent la tige des *Gnetum* comme un exemple de structure anormale de cet organe chez les Gymnospermes. On admet, en effet, que la première année il se forme un anneau de bois et tout autour une couche de liber; l'année suivante, une nouvelle couche de bois entoure la couche libérienne de l'année précédente, qui est elle-même entourée par une couche libérienne de nouvelle formation. Ce phénomène se reproduisant chaque année, on trouve, en allant du centre à la circonférence, du bois, du liber, du bois, du liber, etc.

Les feuilles sont opposées, pédonculées, penninerviées, grandes, ovales, terminées à leur partie supérieure par une sorte de bec étroit recourbé. Le bourgeon est entouré par de petites écailles qui ne sont que des feuilles modifiées.

Structure de la tige. — *Faisceaux.* — Les faisceaux primaires se composent (fig. 4, pl. 2) de trachées dont la spirale est très-grosse, de vaisseaux marqués de ponctuations étroites, de fibres ligneuses et de gros vaisseaux aréolés. Le liber primaire est formé de petites cellules cubiques (fig. 9, pl. 2) fortement épaissies. Le liber secondaire jeune se compose de fibres libériennes, de parenchyme libérien et de cellules lisses; lorsque ce tissu est plus âgé, ou lorsque la plante a déjà ses faisceaux secondaires, on trouve avec les fibres libériennes et avec le parenchyme libérien des cellules grillagées. De même que chez les *Ephedra*, les cloisons transversales des cellules parenchymateuses portent des ponctuations simples ou réticulées, mais qui sont toujours très-faibles. Tous les faisceaux primaires sont ouverts et peuvent s'accroître en épaisseur pendant plusieurs années.

Les faisceaux secondaires apparaissent en dehors du cercle des faisceaux primaires; ils forment autour du système central des lignes concentriques assez irrégulières; ces faisceaux secondaires s'anastomosent, non-seulement ceux d'une ligne entre eux, mais encore ceux de plusieurs lignes concentriques ensemble. Vu l'insuffisance de mes échantillons, je n'ai pu étudier

les rapports de ces faisceaux entre eux et avec les faisceaux primaires.

Les faisceaux secondaires (fig. 12, pl. 2) se composent de fibres ligneuses aréolées et de gros vaisseaux ponctués, semblables à ceux que nous avons vus dans les faisceaux primaires (1) d'une zone cambiale qui vit pendant plusieurs années. Cette zone cambiale a donné des fibres libériennes, des cellules grillagées et du parenchyme libérien. Les fibres libériennes sont beaucoup plus nombreuses que les autres éléments libériens.

Tissu fondamental et système tégumentaire. — La moelle est semblable à celle que nous avons vue chez *Ephedra*. Les cellules des rayons, en se développant, prennent les caractères des autres cellules du tissu fondamental, de sorte que chaque faisceau paraît plongé dans ce tissu.

Le tissu fondamental externe est formé de cellules courtes, arrondies, dont un grand nombre se sclérifient de bonne heure. Très-souvent il existe comme une ceinture de ces éléments autour de la tige entre les faisceaux et le liége (2).

Le système tégumentaire d'une jeune tige est privé de stomates, et se compose d'une couche épidermique dont les cellules cubiques courtes sont revêtues d'une cuticule excessivement épaisse.

A un âge avancé, il se forme des arcs de phellogène dont les cellules se divisent tangentiellement en avant et en arrière, et forment ainsi du suber herbacé et du liége (fig. 10, pl. 2) ; ce liége est formé de cellules extrêmement étroites à parois trèsminces. Quelques cellules du suber herbacé se sclérifient. Les arcs de phellogène ne coupent jamais le liber des faisceaux primaires ou secondaires; ils n'enlèvent jamais que de petites écailles du tissu fondamental (3).

(1) Souvent les cellules ligneuses voisines de ces gros vaisseaux sécrètent de la résine, qui filtre ou même qui coule par les perforations des ponctuations dans les gros vaisseaux.

(2) Il n'y a pas de fibres hypodermiques dans la tige des *Gnetum*.

(3) N'ayant pas eu à ma disposition d'échantillon donnant l'état intermédiaire entre

Structure de la feuille. — La feuille s'attache sur la tige par un pétiole très-court, il n'y a pas de coussinet ; six faisceaux primaires passent de la tige dans la feuille, et forment la nervure médiane, qui va du pétiole au sommet de la feuille. Les nervures secondaires ou latérales se dirigent de la nervure médiane au bord de la feuille, et, chemin faisant, fournissent à droite et à gauche des nervures tertiaires qui s'anastomosent à l'infini.

Chaque faisceau (fig. 1, pl. 3) se compose de trachées, de vaisseaux étroits, de fibres ligneuses aréolées et de quelques gros vaisseaux ponctués ; plus, quelques cellules cambiales lisses. Chaque faisceau est entouré d'une gaîne protectrice assez mal définie.

L'épiderme est composé de cellules cubiques dont les épaississements de la face supérieure sont canaliculés, ce qui donne à ce tissu un aspect particulier (fig. 6, pl. 2). La face inférieure de la feuille est couverte de stomates disséminés sans aucun ordre (fig. 7, pl. 2). Chaque stomate se compose de deux grosses cellules réniformes (fig. 11, pl. 2) enchâssées entre quatre cellules épidermiques qui lui forment une antichambre peu profonde. Sous l'épiderme supérieur on trouve du parenchyme en palissade, et, entre celui-ci et l'épiderme inférieur, du parenchyme rameux. Suivant les espèces, et ce caractère pourra certainement servir à les différencier, on rencontre des fibres hypodermiques et pseudo-libériennes, plus quelques cellules scléreuses. N'ayant pu me procurer que quelques espèces, je signale cette lacune facile à combler (1).

Parcours des faisceaux. — Il n'a encore été fait jusqu'ici aucun travail sur le parcours des faisceaux des *Gnetum* (2) ; mes échantillons ne m'ont pas permis d'entreprendre de combler cette lacune.

le système tégumentaire jeune et la formation d'arcs partiels de phellogène produisant une seconde écorce primaire, j'ai dû passer sur cet état de transition sans m'y arrêter.

(1) M. Parlatore (DC., *Prodr.*) n'a pas cité le *Gnetum apiculatum*, bien que complétement décrit dans les *Posthumous Papers* de W. Griffith (Calcutta, 1854).

(2) De même que les *Ephedra*, les *Gnetum* n'ont pas de glande résinifère.

CONIFÈRES.

Les Conifères contiennent actuellement 37 genres, sur lesquels trois ou quatre m'ont fait défaut (1).

I. — A. 1. *Salisburia.*
B. 2. *Phyllocladus.*
C. 3. *Taxus.* — 4. *Torreya.* — 5. *Cephalotaxus.*
D. 6. *Podocarpus* (*Eupodocarpus*, *Prumnopitys*, *Polypodiopsis*, *Nageia*, *Dacrydium*).
E. 6 *bis.* *Saxe-Gothea.*

II. — A. 7. *Picea* (*Picea*, *Pseudotsuga*, *Tsuga*). — 8. *Larix.* — 9. *Cedrus.* — 10. *Abies.*
11. *Pinus* (*Cembra*, *Strobus*, *Pseudostrobus*, *Tæda*, *Pinea*, *Pinaster*, *Monophylla*).

III. — 12. *Sciadopitys.*

IV. — A. 13. *Cunninghamia.* — 14. *Sequoia.* — 15. *Arthrotaxis.*
B. 16. *Araucaria* (*Colymbea*, *Eutacta*, *Altingia*).
C. 17. *Dammara.*

V. — A. 18. *Cryptomeria.* — 18 *bis.* *Glyptostrobus.*
B. 19. *Taxodium.*
C. 20. *Fitz-Roya.*
D. 21. *Cupressus.* — 22. *Chamæcyparis.* — 23. *Biota.* — 24. *Thuia.* — 25. *Thuiopsis.* — 26. *Libocedrus.* — 27. *Callitris.* — 28. *Actinostrobus.* — 29. *Widdringtonia.* — 30. *Frenela.* — 31. *Juniperus.*

I. — A. 1. SALISBURIA Smith.

Syn. : Gink-go, Pterophyllus Nelson.

Distribution géographique (2). — Le genre *Salisburia* ne

(1) Je n'ai eu à ma disposition ni *Microcachrys*, ni *Pherosphera*, ni *Octoclinis*, ni *Lœchhardtia*.

(2) Dr C. Beinling, *Ueb. d. geogr. Verbreitung der Conif.* Bresl., 1858, petit in-4°.

contient qu'une seule espèce, le *Salisburia adiantifolia* Smith (1), cultivée au Japon et en Chine, mais sur l'origine de laquelle on n'est point d'accord.

Facies. — Le *Salisburia adiantifolia* a un port tout particulier, très-caractéristique. Ses feuilles sont annuelles, aplaties, d'un vert tendre; elles ont leur limbe traversé par des nervures dichotomes; elles sont munies de longs pétioles qui viennent s'insérer au nombre de trois ou cinq sur de très-courts rameaux portés eux-mêmes par de longs rameaux d'un ordre plus élevé. La pousse terminale de ces derniers s'allonge beaucoup; ses feuilles largement espacées sont insérées sur une spirale dont le cycle est 5/13. Dans l'aisselle de chacune de ces feuilles naît un bourgeon qui restera très-court; il arrive parfois que quelques-unes de ces courtes pousses s'allongent pendant la troisième année et se transforment en longues pousses ou en pousses terminales. Il n'y a aucune espèce de régularité dans la succession des pousses courtes et des pousses longues. En général, une pousse terminale longue porte des pousses courtes dans l'aisselle de ses feuilles, et une pousse courte se transforme en pousse longue après un temps plus ou moins long.

L'écorce de *Salisburia*, lisse, glabre, rouge-brique dans le jeune âge, devient grise et se crevasse en vieillissant; elle est ordinairement très-épaisse, et a souvent près de 4 centimètres d'épaisseur sur un tronc de 30 centimètres de diamètre.

Historique. — Plusieurs auteurs se sont déjà occupés de la structure anatomique du *Salisburia adiantifolia*. En 1841, M. H. R. Göppert (2) nous en a fait connaître la structure des fibres ligneuses et des rayons médullaires : il montra que les fibres ligneuses du *Salisburia* diffèrent de celles du *Taxus*

(1) *Ginkgo biloba* Thunb., *Pterophyllus salisburiensis* Nelson.

(2) H. R. Göppert, *De structura anatomica Coniferarum*. Vratislaviæ, 1841, in-4° cum 2tab.

par ce fait qu'elles ne portent point d'épaississements spiralés.

En 1862, M. Dippel (1) fait connaître la présence de tubes allongés à ponctuations elliptiques simples, très-étroites, entre les trachées et les fibres ligneuses aréolées.

M. Nägeli en 1858 a publié dans ses *Beiträge z. wissensch. Botanik* (pl. 1, fig. 6-7, Heft 1) le parcours des faisceaux primaires dans la tige du *Salisburia* (2); il montra que, contrairement à l'opinion généralement admise, à savoir que, dans les pétioles, on trouve deux faisceaux primaires de la tige; il fit voir, dis-je, que les deux faisceaux que l'on trouve dans chaque pétiole ne sont que les parties d'un faisceau primaire unique qui se divise en deux branches bien avant d'entrer dans le pétiole. C'est donc à tort que l'on attribue la découverte du parcours des faisceaux fibro-vasculaires du *Salisburia* à M. Th. Geyler, qui, en 1867 (3), s'est contenté de reproduire les résultats obtenus par M. Nägeli.

M. E. Stahl, en 1873 (4), a dit quelques mots sur la formation du périderme.

M. Ph. Van Tieghem, en 1873 (5), en a décrit les glandes résinifères.

Structure de la tige (pl. 12, fig. 17). — *Faisceaux.* — Chaque faisceau primaire se compose (pl. 3, fig. 4) de trachées, de vaisseaux grêles, rayés ou couverts de ponctuations simples, elliptiques, très-étroites; de fibres ligneuses aréolées sans épais-

(1) Dippel, *Histologie der Coniferen* (*Bot. Zeit.*, 1862, n° 22, p. 169). *Bau der Markscheide.* — J. Rossmann (*Bau der Holzes*, Frankfurt, 1865) a reproduit simplement les observations de Dippel.

(2) *Das Wachstum des Stamm*, 1858. Erstes Heft de *Beitr. zur wissenschaft. Botanik.* Leipzig, 1858, in-8°.

(3) Th. Geyler, *Ueber die Gefässbündelverlauf* (*Pringsh. Jahrb.*, Bd. VI, pl. 4-9).

(4) E. Stahl, *Entwickel. und Anatomie d. Lenticellen* (*Bot. Zeit.*, 1873, n° 38).

(5) Ph. Van Tieghem, *Mémoire sur les canaux sécréteurs des plantes* (*Ann. sc. nat.*, 5e série, t. XVI).

sissement spiralé. Là, comme chez toutes les autres Conifères, il n'y a pas de gros vaisseaux ponctués dans l'intérieur de la partie ligneuse du faisceau. Chez le *Salisburia*, comme aussi chez les *Phyllocladus*, *Taxus*, *Torreya* et *Cephalotaxus*, il n'y a pas de glande résinifère dans le bois, soit primaire, soit secondaire. Derrière cette partie ligneuse du faisceau, on trouve une zone de cambium secondaire, puis du liber secondaire, et, si la plante est jeune encore, un petit arc de liber primaire formé de longues cellules lisses à parois peu épaisses; quelques-unes de ces cellules peuvent même se cloisonner horizontalement.

Arrêtons-nous quelques instants sur la structure du liber secondaire du *Salisburia*, qui, ainsi qu'on en peut juger par l'historique ci-dessus, n'a jamais été étudié. Lorsque ce liber secondaire est encore très-jeune, il se compose de cellules lisses, dont quelques-unes ont des parois un peu plus épaisses que les cellules voisines, et représentent les fibres libériennes, plus quelques cellules parenchymateuses dont les parois transversales ne portent encore que de faibles ponctuations simples. Si nous examinons ce tissu à une époque un peu plus avancée (fig. 6 et 7, pl. 4), nous reconnaissons que les fibres libériennes ont épaissi quelque peu leurs parois; en outre, plusieurs d'entre elles se sont cloisonnées horizontalement. Les cellules du parenchyme libérien s'accroissent régulièrement pendant quelques temps, les ponctuations simples des cloisons transversales de ces cellules se couvrent de réticulations extrêmement compliquées et très-étendues. Bientôt les cellules parenchymateuses se déforment; elles compriment, en se boursouflant, les autres éléments du liber, de sorte que très-fréquemment il ne reste plus trace des cellules grillagées dont je vais parler un peu plus loin. Très-fréquemment quelques cellules du parenchyme libérien arrivées à cet état de développement se sclérifient, mais bien plus fréquemment encore il apparaît dans les cellules de ce tissu des cristaux d'oxalate de chaux; ces cristaux sont réunis en masses à peu près sphériques hérissées de pointes.

Si nous suivons les cellules cambiales lisses, non épaissies et non cloisonnées, dont nous avons parlé en décrivant la structure

du liber secondaire jeune, nous voyons que ces éléments sont terminés par des cloisons transversales très-obliques et très-éloignées les unes des autres. Bientôt on voit apparaître à la surface de ces fibres lisses, aussi bien sur les faces latérales que sur les faces transversales, de nombreuses ponctuations dont l'ensemble forme une sorte de réseau. Dans chacune des ponctuations nous voyons se former des réseaux très-délicats et très-compliqués (fig. 8, pl. 4) (1).

Les cellules grillagées du *Salisburia* sont excessivement volumineuses, comparées aux cellules grillagées des autres Conifères; mais lorsque la plante est jeune, ces cellules sont encore assez étroites, et leurs ponctuations grillagées sont réduites à des ponctuations simples, petites, très-rapprochées. A cet état, d'ailleurs, la ressemblance entre les ponctuations grillagées du *Salisburia* et les ponctuations grillagées adultes des autres Conifères est complète.

De même que chez les *Phyllocladus*, *Taxus*, *Torreya* et *Cephalotaxus*, il n'y a à aucune époque de glande résinifère dans le liber du *Salisburia* (2).

Tissu fondamental et système tégumentaire. — La moelle (fig. 2, pl. 4) est composée de cellules arrondies à ponctuations simples dans le jeune âge, réticulées à un âge plus avancé. Les cellules de la moelle qui sont en contact avec les faisceaux sont étroites, longues, lisses, et ont quelque ressemblance avec un tissu cambiforme. Lorsque la moelle est âgée, on rencontre quelques cellules sclérifiées, et beaucoup plus fréquemment, dans certaines cellules, des amas arrondis de cristaux d'oxalate de chaux.

(1) On trouve quelques petits cristaux d'oxalate de chaux en enveloppe de lettre dans les parois de certaines cellules du liber de la plante.

(2) M. Van Tieghem a décrit les glandes résinifères du *Salisburia* comme formant un double système de canaux, les uns corticaux, les autres médullaires; ces glandes sont de courtes lacunes closes de tous côtés et qui ne sortent pas de la tige; elles sont en outre absolument indépendantes les unes des autres, et n'ont rien de commun avec les réservoirs glanduleux que nous allons voir dans les feuilles.

Dans la moelle du *Salisburia* on rencontre fréquemment des glandes résinifères, closes, très-courtes, qui ne sortent jamais de la moelle.

Les rayons médullaires sont formés de cellules tabulaires à parois assez épaisses, couvertes de ponctuations simples dans la région ligneuse du faisceau. Dans la région libérienne, au contraire, les cellules des rayons ont leurs parois minces, lisses dans le jeune âge, à ponctuations simples très-fines à une époque plus avancée, et plus tard à ponctuations réticulées. De même que chez les *Ephedra*, ces cellules à ponctuations réticulées des rayons médullaires se boursouflent et ressemblent aux cellules du parenchyme libérien, lorsque celles-ci sont complétement développées (fig. 6, pl. 4).

L'écorce primaire se compose, lorsque la plante est encore jeune, de cellules arrondies, gorgées de chlorophylle, et déjà nous trouvons dans ce tissu l'indication de glandes résinifères; ces glandes sont toujours closes, non ramifiées, courtes, et ne pénètrent jamais dans les feuilles. Bientôt les cellules de ce parenchyme herbacé voisines de l'épiderme épaississent légèrement leurs parois, et prennent l'aspect d'un hypoderme à parois minces ou très-peu épaissies; de plus, ces cellules du tissu fondamental ainsi modifiées ne s'allongent pas en fibres (fig. 1, *h*, pl. 4).

Le système tégumentaire est représenté par une couche épidermique sans poil ni stomate; les cellules épidermiques sont lisses, leurs couches cuticulaires sont assez épaisses.

Décortication. — De très-bonne heure nous voyons se former immédiatement sous l'hypoderme une lame de phellogène (*p*, fig. 1, pl. 4), qui engendre tout autour de l'axe une mince lame de liége (*p*, fig. 1, pl. 4). En même temps que s'accomplissent ces premiers phénomènes de décortication, ou si l'on veut ce renforcement de l'appareil tégumentaire, plusieurs cellules du parenchyme herbacé se sclérifient, d'autres s'emplissent de cristaux arrondis d'oxalate de chaux (1).

(1) Ce fait a été signalé déjà par J. Böhm, *Sind die Bastfasern Zellen oder Zellfusionen?* (*Sitzungsb. d. k. Akad. d. Wissenschaft.*, Bd. III).

A ce premier état qui persiste souvent jusque vers la fin de la troisième année, on voit succéder la série des phénomènes que nous avons étudiés chez les *Ephedra* à propos de la formation de l'écorce crevassée de cette plante. En effet, des arcs de phellogène apparaissent (fig. 5, pl. 4) dans le milieu du liber secondaire, engendrent du liége par division tangentielle unilatérale externe et déterminent aussi des lentilles de rhytidome, qui restent en place.

Structure de la feuille (1). — Contrairement à l'immense majorité des Conifères, la feuille du *Salisburia* est munie d'un long pétiole.

Ce pétiole est une sorte de demi-cylindre convexe en dessous, concave en dessus; à sa base il contient deux faisceaux parallèles qui ne sont que les deux branches d'un faisceau primaire unique qui s'est divisé bien avant d'entrer dans la feuille. Ces faisceaux sont formés de trachées de vaisseaux étroits, d'un peu de parenchyme ligneux et de fibres ligneuses, plus une zone cambiale dont l'activité s'éteint de très-bonne heure, un peu de liber secondaire et un peu de liber primaire. Autour de ces faisceaux il y a une gaîne unique (commune à tous les faisceaux à la fois) de cellules réticulées (*m*, fig. 13, pl. 4). Après avoir marché parallèlement l'un à l'autre pendant un certain temps, les deux faisceaux se divisent chacun en deux branches; chaque branche à son tour se divise bientôt en deux autres, puis le système vasculaire pénètre dans le limbe. Autour des faisceaux du pétiole nous trouvons un parenchyme à cellules arrondies; celles de ces cellules qui touchent l'épiderme sont transformées en fibres hypodermiques, et forment de petits

(1) Le docteur Friedrich Thomas, dans son travail intitulé : *Zur vergl. Anat. d. Coniferen Laublätter* (*Pringsh. Jahrb.*, Bd. IV, Heft 1), ne donne sur *Salisburia* que la division dichotomique des nervures et la position des glandes résinifères dans le limbe; pour les stomates, il renvoie au travail de F. Hildebrand, *Bau der Spaltöffnungen der Coniferen* (*Bot. Zeit.*, 1860, n° 17).

faisceaux de six ou sept fibres ; l'épiderme est composé de cellules rectangulaires lisses, et ne porte pas de stomate (1).

Nous trouvons quelques glandes résinifères dans le parenchyme du pétiole, mais le nombre de ces glandes varie beaucoup d'une place à l'autre pour un pétiole donné. En général, il y en a deux sur les bords, une au milieu et au-dessous des faisceaux ; il peut y en avoir encore une au-dessus et une au-dessous de chaque faisceau ; ces dernières sont en général beaucoup moins volumineuses que les premières. Toutes ces glandes sont très-petites, closes, et ne pénètrent ni dans la tige, ni dans le limbe.

Le limbe se compose d'un certain nombre de faisceaux qui se divisent dichotomiquement (2) et dont la structure ne diffère de celle des faisceaux du pétiole que parce que chacun des éléments anatomiques de ces derniers y est en moindre quantité. De même que les faisceaux du pétiole, les faisceaux du limbe ont une gaîne protectrice de courtes cellules cubiques réticulées. Entre les faisceaux il y a un parenchyme dont les cellules rameuses à parois lisses très-minces sont gorgées de chlorophylle ; il n'y a pas de parenchyme en palissade. De distance en distance on trouve, dans le parenchyme rameux, des glandes résinifères courtes, closes (fig. 12, pl. 4).

La face supérieure de la feuille est recouverte d'une couche de cellules épidermiques tabulaires dont les parois verticales sont légèrement ondulées ; elle est dépourvue de stomates, tandis que la face inférieure, au contraire, en est parsemée (fig. 9, 10, pl. 4). Ces stomates sont composés de deux cellules réniformes encastrées dans la face inférieure, de quatre cellules épidermiques qui laissent entre elles une antichambre peu profonde, *sont disséminés sans ordre* sur la face inférieure de la feuille (3).

(1) Le pétiole est supposé orienté comme le limbe, c'est-à-dire que les trachées des faisceaux sont à leur partie supérieure.

(2) J. Sachs, *Lehrbuch der Botanik*. Leipzig, 1873, in-8, p. 455.

(3) F. Hildebrand, *loc. cit.* — Ed. Strasburger, *Sur le développement des stomates* (*Pringsh. Jahrb.*, Bd. VI, Heft 3).

Structure de l'écaille (fig. 15, pl. 4). — L'écaille est une feuille modifiée qui se compose d'une couche de cellules épidermiques semblables à celles de la face supérieure des feuilles. Les couches cuticulaires de ces cellules sont beaucoup plus développées à la face externe qu'à la face interne ; sous cette couche épidermique nous trouvons de nombreuses glandes closes, mais pas de faisceau.

Vers la fin de l'année pour les feuilles, au printemps pour les écailles, il se produit à la base de ces organes une lame transversale de phellogène qui engendre une petite couche de liége de trois ou quatre rangs de cellules. La feuille ou l'écaille séparée de la tige se dessèche, meurt et ne tarde pas à tomber.

Parcours des faisceaux (fig. 4, pl. 4) (1). — La spirale foliaire a, comme je l'ai déjà dit plus haut, comme cycle d'insertion : soit 3/8, soit 5/13. Cela posé, désignons par 1, 2, 3... n, les n faisceaux primaires qui se rendent aux n premières feuilles, situées au-dessus d'une feuille donnée. Fendons le cylindre ligneux suivant une génératrice, et développons sa surface sur un plan tangent diamétralement opposé à la génératrice considérée : nous aurons une figure telle que le schéma représenté (fig. 4, pl. 4). Si p désigne un faisceau quelconque, p naît à droite du faisceau $p-5$, au point où $p-5$ s'accole par sa gauche au faisceau $p-2$. p quitte $p-5$, s'avance vers la droite, et s'accole par sa gauche au faisceau $p-3$; en ce point $p-3$ donne naissance par sa droite au faisceau $p+2$. p s'éloigne de $p-3$, revient vers la gauche, et donne naissance par sa droite au faisceau $p+5$, tandis que par sa gauche il s'accole au faisceau $p+3$. Lorsque $p+5$ et $p+3$ ont quitté le faisceau p, celui-ci monte verticalement quelque peu encore, puis il se divise en deux branches qui resteront parallèles et passeront dans le pétiole, et, après s'y être divisées dichotomiquement un certain nombre de fois, elles entrent dans le limbe.

(1) Voyez à ce sujet : C. Nägeli, *loc. cit.*, et Th. Geyler, *loc. cit.*

I. — B. 2. PHYLLOCLADUS L. C. Richard.

Syn. : THALAMIA Sprengel, BROWNETERA Rich.

Distribution géographique (1). — Les *Phyllocladus* habitent Bornéo (*P. hypophylla*), la Tasmanie (*P. rhomboidalis*) et la Nouvelle-Zélande (*P. trichomanoides*). Ce sont des arbres dont la tige n'atteint jamais une très-grande hauteur, et dont les jeunes rameaux latéraux sont transformés en *cladodes* (2), dont la forme varie d'une espèce à l'autre ; ils sont plus ou moins larges, plus ou moins échancrés, glauques en dessous, lisses et comme vernissés en dessus. Les dents des lobes d'un cladode sont toutes dirigées vers le sommet du lobe auquel elles appartiennent. Les feuilles sont squamiformes, triangulaires, sessiles et généralement sèches ; elles sont insérées sur la tige ou sur les dents d'un lobe d'un cladode, et alors regardent le sommet du lobe. C'est à l'aisselle de ces petites feuilles écailleuses qu'apparaissent les nouveaux bourgeons, qui se transforment bientôt en cladodes.

Dans le jeune âge, l'écorce du *Phyllocladus* est verte, puis brune, lisse, sans poil, et couverte de stomates. Faute de matériaux, je n'ai pu étudier de très-vieille écorce.

Structure de la tige jeune. — Faisceaux. — La structure de la partie ligneuse des jeunes faisceaux primaires de *Phyllocladus* est la même que celle que j'ai décrite chez le *Salisburia*. Quant à la région libérienne, elle ne diffère de celle de Ginkgo que par la présence de fibres libériennes dont les parois sont fortement épaissies de bonne heure, et par l'absence de cristaux arrondis d'oxalate de chaux dans les cellules du parenchyme libérien. Les éléments du faisceau sont en général beaucoup plus petits chez le *Phyllocladus* que chez le *Salisburia*.

(1) C. Beinling, *loc. cit.*

(2) M. E. Carrière (*Traité général des Conifères*, 2e édition, Paris, 1867) donne improprement le nom de *phyllode* à ces organes.

De même que chez le *Salisburia*, les trois éléments du liber secondaire : fibres libériennes, cellules lisses ou grillagées, cellules du parenchyme libérien, forment des séries régulières radiales et concentriques.

Tissu fondamental et système tégumentaire. — La moelle est formée de grosses cellules arrondies, à parois minces et couvertes de ponctuations simples. Les rayons médullaires ne présentent rien d'intéressant. L'écorce primaire est formée par un parenchyme herbacé dont les cellules d'abord toutes semblables ont leurs parois minces ; quelques-unes de ces cellules s'hypertrophient, épaississent un peu leurs parois qui se couvrent de ponctuations simples, très-profondes et très-étroites.

Il n'y a pas de glandes résinifères dans la moelle ; mais dans le parenchyme herbacé, nous trouvons la terminaison des glandes résinifères qui accompagnent les faisceaux dans leur trajet à travers les feuilles et les cladodes.

Une couche d'épiderme dont les cellules ont des couches cuticulaires épaisses et remplies de cristaux d'oxalate de chaux, recouvre le parenchyme herbacé. Cette couche épidermique est composée de cellules lisses ; elle porte des stomates de distance en distance (fig. 18, pl. 4).

Dans le parenchyme herbacé du *Phyllocladus*, on ne trouve ni hypoderme, ni cellules sclérifiées, ni cristaux d'oxalate de chaux.

De très-bonne heure, entre l'épiderme et le parenchyme herbacé, il se développe une zone de phellogène qui engendre, par division tangentielle unilatérale externe, une lame de liége.

Structure des cladodes (1). — Le cladode se compose d'un

(1) J. Hildebrand (*loc. cit.*) a fait connaître en 1860 la structure des stomates des cladodes de *Phyllocladus*. M. Strasburger (*loc. cit.*), en 1873, a donné une description de la structure des cladodes des *Phyllocladus*. Th. Geyler, en 1867, essaye de décrire le parcours des faisceaux vasculaires primaires (*loc. cit.*). M. J. Sachs, dans son *Lehrbuch*, en 1872, accepte les données du docteur Geyler. M. Van Tieghem, dans une note de sa traduction française du *Lehrbuch* de M. Sachs, revient sur les observations de M. Geyler.

système de faisceaux primaires orientés par rapport à un axe, que je désignerai sous le nom d'axe primitif du cladode. Ces faisceaux ont la même structure que les faisceaux primaires de la tige normale, quand elle est jeune ; seulement chaque faisceau primaire du cladode est accompagné par une glande résinifère qui se termine, d'une part dans la feuille où se rend ce faisceau, d'autre part dans le parenchyme herbacé de l'organe qui supporte le cladode.

Les faisceaux primaires, réunis à la base du cladode, se séparent bientôt ; il en reste cependant trois autour de l'axe primitif du cladode ; mais, comme l'a fort bien fait remarquer M. Van Tieghem dans une note critique sur les observations de M. Geyler, de ces trois faisceaux, un est extérieur par rapport aux deux autres, et se rend dans une feuille, à l'aisselle de laquelle apparaît le bourgeon, dont le système vasculaire est représenté par les deux autres faisceaux. Quant aux autres faisceaux, ils s'écartent à droite et à gauche, tournant toujours dans leurs trachées vers l'axe du système qui les a fournis ; c'est-à-dire que sur une ligne horizontale allant de l'axe primitif au bord du cladode et traversant un de ces faisceaux, on trouve successivement les trachées, les vaisseaux étroits, les fibres ligneuses, la zone cambiale et le liber ; puis, derrière le liber primaire, la glande résinifère, qui accompagne chacun des faisceaux primaires du cladode. Sans changer de structure chaque faisceau primaire entre dans la feuille où il doit se rendre.

Je viens de décrire la structure d'un cladode simple, mais ces cladodes sont très-rares chez les *Phyllocladus*, et en général les cladodes de cette plante sont des cladodes composés. On y rencontre plusieurs axes primitifs d'ordres différents.

Si nous observons, en effet, un très-jeune cladode, nous voyons que dans l'aisselle d'une de ses feuilles (et ce que je dis d'une feuille s'applique à toutes les autres) se développe un bourgeon. Le rameau auquel ce bourgeon donne naissance se transforme en cladode. Ce cladode secondaire, en se développant, adhère par son bord interne avec le bord externe du cladode

primaire qui le porte et semble ainsi n'être qu'une expansion, qu'un lobe du cladode primaire. Par conséquent, le cladode des *Phyllocladus* n'est pas, en général, un rameau unique, aplati en forme d'expansion foliacée, c'est tout un système de rameaux tertiaires et secondaires soudés entre eux et au rameau primaire sur lequel ils sont nés. Sans justifier ni expliquer son opinion, M. Ed. Strasburger (1) a adopté cette manière de voir. Un cladode a donc, en général, plusieurs axes primitifs ; un seul, le médian, est primaire, les autres sont secondaires ; il peut y en avoir de tertiaires et même d'un ordre plus élevé .Quoi qu'il en soit, les faisceaux primaires appartenant à chacun de ces arcs se rendent dans les feuilles en regardant l'axe du rameau auquel ils appartiennent.

Les faisceaux du cladode sont entourés par un parenchyme (fig. 1, pl. 5) dont les cellules arrondies sont gorgées de chlorophylle ; quelques-unes des cellules de ce tissu s'hypertrophient et lui donnent un aspect particulier. Toutefois ce parenchyme revêt les caractères de parenchyme en palissade dans le voisinage de l'épiderme supérieur du cladode.

Les deux faces du cladode sont revêtues d'une couche de cellules épidermiques courtes, cubiques (fig. 16 et 17, pl. 4). A l'exception du *Phyllocladus rhomboidalis*, la face supérieure des cladodes est toujours dépourvue de stomates ; au contraire, la face inférieure de la feuille en est pourvue chez toutes les espèces. Ces stomates sont disposés en files mal définies, et se composent de deux cellules réniformes encastrées dans la face profonde de quatre cellules épidermiques, qui laissent entre elles une antichambre profonde. Les bords de cette antichambre sont relevés d'une manière particulière (fig. 18, pl. 4).

Structure de la feuille (fig. 20, pl. 4). — La feuille ne contient qu'un seul faisceau fibro-vasculaire (*f*, fig. 20, pl. 4) sous lequel nous trouvons une glande résinifère.

Un peu au-dessus de la nervure en contact avec le parenchyme

(1) *Die Gnetaceen und die Coniferen.* Iena, 1872, p. 390-395.

ligneux en t, on voit quelques cellules réticulées (1). Le faisceau est entouré par une masse de parenchyme à cellules arrondies, pleines de chlorophylle. Le tout est recouvert d'une couche de cellules épidermiques semblables à celles de l'épiderme supérieur des cladodes et absolument dépourvue de stomates.

Structure de l'écaille (fig. 19, pl. 4). — L'écaille est une feuille à peine modifiée ; son faisceau se réduit à quelques trachées, quelques tubes étroits, un peu de parenchyme ligneux et quelques cellules libériennes. La glande résinifère est plus petite que celle de la feuille, et son tissu fondamental ne contient pas de chlorophylle.

Les feuilles et les écailles, quoique persistantes, ne vivent que pendant un temps assez court ; il se produit à la base de ces organes une petite lame transversale de liége ; la feuille ou l'écaille meurt, mais ne se détache pas.

Parcours des faisceaux primaires.

1er *cas.* — Les faisceaux primaires entrent dans les feuilles sans traverser un cladode.

Les feuilles sont disposées sur la tige normale suivant une spirale dont le cycle est 8/21. Si nous fendons la tige suivant une génératrice, et si nous développons la surface du cylindre ligneux comme nous l'avons fait pour le *Salisburia*, nous voyons qu'un faisceau quelconque p naît à la droite du faisceau $p-13$, dans le plan d'émergence (2) du faisceau $p-16$; p s'incline vers la droite en même temps qu'il s'élève verticalement. A la hauteur du plan d'émergence de $p-8$, la torsion latérale de p, par rapport à $p-13$, est 1/21 de circonférence. A partir de ce point, p s'élève verticalement ; mais au niveau du plan d'émergence de $p-13$, il donne naissance par sa droite au faisceau $p+13$, qui sortira sur la verticale qui contient $p-8$; p est lui-même sur la verticale qui contient $p+21$ et $p-21$.

(1) Les stomates du *Phyllocladus* avaient été étudiés par M. F. Hildebrand en 1860 (*loc. cit.*).

(2) J'entends ici les plans d'émergence horizontaux.

2e *cas.* — Les faisceaux primaires entrent dans les feuilles en traversant un cladode simple.

Sur la section transversale d'une tige normale, nous trouvons les faisceaux primaires rangés dans l'ordre suivant, en allant de 0 vers 1 et 2 (fig. 2, pl. 5).

0 ... 8 ... 16 ... 3 ... 11 ... 19,6 ... 14 ... 1 ... 17,4
12 .. 20 . 7 ... 15 ... 2 ...... 10 .... 18,5 13

Ces faisceaux sont plus ou moins rapprochés, et dans la formule ci-dessus le nombre des points représente les positions respectives des faisceaux dans le plan d'émergence du faisceau 0. Comprimons la tige de telle manière que 0 et 1 s'éloignant de l'axe, 2 et 3 s'en rapprochent beaucoup ; nous aurons la disposition des faisceaux à la base d'un cladode simple.

Mais, comme je l'ai déjà dit, les faisceaux s'éloignent bientôt de l'axe primitif de l'organe ; le plus souvent il se développe des cladodes secondaires dans l'aisselle de chacune des feuilles d'un cladode primaire, les cladodes secondaires se soudent avec le cladode primaire, et l'ordre premier est absolument troublé.

Quels sont les rapports des faisceaux primaires d'un cladode secondaire avec ceux du cladode primaire ? Pour les bien saisir, il faut connaître les rapports des faisceaux primaires d'un rameau secondaire normal avec un rameau primaire normal également ; puis, déterminer quels sont les changements qui surviennent, lorsque le rameau secondaire devient un cladode. N'ayant pas eu à ma disposition des matériaux en état pour faire cette étude, j'indique cette lacune.

J'ai dit que les seuls anatomistes qui se soient occupés du parcours des faisceaux primaires chez les *Phyllocladus* sont M. Théodore Geyler (1) et M. Van Tieghem (2). Or, d'après les figures et les descriptions du premier de ces deux savants,

(1) *Loc. cit.*, p. 187-189, Taf. 8, fig. 3 et 4.
(2) *Loc. cit.*, p. 571.

les feuilles sont verticillées ; chaque cladode reçoit trois faisceaux ou un certain nombre de systèmes de trois faisceaux groupés de telle manière que le cladode serait un organe absolument asymétrique ; tandis que M. Van Tieghem, dans une note additionnelle du *Lehrbuch* de J. Sachs., a donné la véritable signification de ces groupes de trois faisceaux que l'on rencontre dans la partie supérieure des cladodes (1).

Caractéristiques anatomiques des espèces de *Phyllocladus*.

Il n'y a que trois espèces de *Phyllocladus* :

1. *P. hypophylla* Hooker, qui habite Bornéo.

2. *P. rhomboidalis* L. C. Rich., qui habite la Tasmanie. — Syn. : *P. aspleniifolia* Hook., *P. serratifolia* Nois., *P. Billardieri* Mirb., *Thalamia aspleniifolia* Sprg., *P. glauca* Carr.

3. *P. trichomanoides* Don, habite la Nouvelle-Zélande et l'île Auckland.— Syn. : *P. rhomboidalis* A. Ric., *P. alpinus* Hook.

Ces trois espèces peuvent facilement être différenciées anatomiquement de la manière suivante :

Les cladodes sont à peine ondulés sur les bords ; il n'y a de stomates que sur une seule face du cladode		*P. hypophylla.*
Les cladodes sont fortement lobés sur leurs bords.	Stomates sur une seule face du cladode	*P. trichomanoides.*
	Stomates sur les deux faces	*P. rhomboidalis.*

Les *P. glauca* Carr. et *P. alpina* Hook. ne sont pas des espèces distinctes : le *P. glauca* est une variété de *P. rhomboidalis* L. C. Richard, et le *P. alpina* est une variété naine de *P. trichomanoides* Don.

(1) Je n'ai eu connaissance des observations de M. Van Tieghem qu'au mois de novembre 1873, et mes recherches sur les cladodes de *Phyllocladus* sont du mois de mai 1873 ; par conséquent M. Van Tieghem, le premier de son côté, moi du mien, nous sommes arrivés au même résultat quant à la signification morphologique des groupes de trois faisceaux qui sont au centre de la partie supérieure des cladodes simples.

GÉNÉRALITÉS SUR LES GENRES *Taxus*, *Torreya* ET *Cephalotaxus*.

Historique. — A l'exception de M. Th. Geyler (1), les auteurs qui m'ont précédé ne se sont occupés que de la structure anatomique du genre *Taxus*.

M. H. R. Göppert est le premier anatomiste qui se soit occupé de faire connaître les fibres ligneuses des *Taxus*. Il signala les épaississements spiralés dont les parois de ces fibres sont couvertes, et fit aussi connaître la structure des rayons médullaires, du moins dans la partie ligneuse des faisceaux (2).

En 1852, M. Th. Hartig rappela par une figure les résultats signalés par M. Göppert (3).

M. Dippel, en 1862, fait connaître la structure de l'étui médullaire de *Taxus*.

M. A. B. Frank (4), dans sa belle monographie des variations des faisceaux primaires de la tige de *Taxus baccata*, publiée en 1864, a repris les observations de MM. Göppert et Dippel.

Enfin, M. Julius Schröder, en 1872, fait quelques observations sur la longueur des fibres ligneuses de *Taxus* (5).

Dès 1852, M. Th. Hartig s'occupe de la structure du liber du *Taxus*. Hugo von Mohl, en 1855, revient sur ce sujet. Frank, en 1864, a repris cette question. M. Solms Laubach apporta de nouvelles données en 1871.

M. Geyler, en 1867, étudie, après MM. Hanstein, C. Nägeli et Frank, le parcours des faisceaux primaires du *Taxus*; il étend ses observations sur les genres *Torreya* et *Cephalotaxus*.

M. Hildebrand, en 1860, étudie les stomates des *Taxus*, *Torreya* et *Cephalotaxus*.

(1) *Loc. cit.*

(2) Göppert, *De structura* (*loc. cit.*).

(3) Th. Hartig, *Voll. Culturpfl.* (*loc. cit.*).

(4) A. B. Frank, *Ein Beitr. z. kenntn. d. Gefässbundel* (*Bot. Zeit.*, 1864, n° 22-26).

(5) Julius Schröder, *Das Holz der Coniferen*. Dresde, 1872, petit in-8.

M. Friedr. Thomas, en 1863 (1), fait quelques observations sur les cellules épidermiques des *Taxus* et *Torreya*. M. Frank, en 1864 (2), étudie les variations du faisceau de la feuille dans le voisinage du sommet de cet organe chez le *Taxus*. M. Van Tieghem (3) fait quelques remarques sur les glandes résinifères des trois Taxinées dont nous nous occupons.

Structure de la tige. — *Faisceaux.* — Les faisceaux primaires de la tige se composent (fig. 3, pl. 5) de trachées, de vaisseaux grêles et de fibres ligneuses spiralées et aréolées à la fois. Il peut y avoir trois et même quatre spirales distinctes sur une seule fibre ligneuse. Très-souvent ces épaississements spiraux déterminent de singulières réticulations à la surface de la cellule. M. Frank s'est longuement appesanti sur ce point dans sa description des faisceaux primaires du *Taxus baccata*. Très-souvent, les fibres ligneuses se cloisonnent horizontalement et forment du parenchyme ligneux, mais ce tissu ne se trouve jamais qu'en très-petite quantité. La longueur et la largeur des fibres ligneuses varie avec l'espèce, l'individu, l'âge et l'époque de l'année; c'est pourquoi je répéterai avec M Sanio (4) : « *Vouloir déterminer une Conifère en mesurant ses fibres* » *ligneuses, c'est entreprendre un travail à la fois inutile et dé-* » *pourvu de sens.* »

Les épaississements spiralés dont j'ai parlé plus haut sont très-marqués chez les *Taxus;* ils sont un peu moins saillants chez les *Torreya;* souvent ils sont très-faibles et très-peu marqués chez les *Cephalotaxus;* toutefois ils sont toujours assez nets pour qu'on les reconnaisse sans hésitation.

Derrière les fibres ligneuses, nous trouvons une zone de cambium, puis du liber secondaire et du liber primaire, si la tige est encore jeune.

(1) Thomas, *Zur vergl. Laubl.* (*loc. cit.*).

(2) *Loc. cit.*

(3) M. Van Tieghem, *Anatomie des canaux sécréteurs* (*loc. cit.*).

(4) Carl Sanio, *Ueb. d. grosse der Holzellen b. d. Coniferen* (*Jahrb.*, Bd. VIII, Heft 3, 1872).

Chez les *Taxus*, le liber primaire est représenté par des cellules lisses, longues et à parois minces; très-souvent, chez les *Torreya* et les *Cephalotaxus*, le liber primaire est composé de fibres libériennes dont les parois sont fortement épaissies.

Le liber secondaire jeune (L, fig. 12-13, pl. 5) est formé de couches alternantes de parenchyme libérien, de cellules cambiales lisses et de fibres libériennes non encore épaissies. Ainsi, en allant du centre de la tige à la circonférence, on trouve des couches concentriques disposées dans l'ordre suivant :

Parenchyme libérien ;

Cellules lisses ;

Fibres libériennes à parois minces ;

Cellules lisses.

Puis nous recommençons une nouvelle série par du parenchyme libérien. Dès 1852, le professeur Hartig avait indiqué cette régularité des couches des éléments du liber du *Taxus*, soit radialement, soit concentriquement. *Salisburia* et *Phyllocladus* nous avaient présenté quelque chose de semblable.

En examinant une tranche très-mince du liber secondaire, soit du *Taxus*, soit du *Torreya*, soit du *Cephalotaxus*, et ce dernier genre est particulièrement favorable à ce genre d'observation ; si, dis-je, nous examinons une tranche mince de liber secondaire, nous voyons que les parois radiales des cellules cambiales non encore différenciées sont extrêmement épaisses, et que, de très-bonne heure, la région moyenne de ces parois radiales est comme ramollie, et diffère beaucoup de la membrane primaire des fibres ligneuses ou libériennes par exemple: c'est dans cette lame moyenne que se forment ces petits cristaux d'oxalate de chaux signalés par M. Solms Laubach depuis 1871 (1).

Si nous prenons comme exemple le liber secondaire d'un *Taxus ;* comme les transformations sont ici extrêmement lentes,

(1) Solms Laubach, *Bot. Zeit.*, 1871.

nous pourrons facilement les suivre pas à pas. Les cellules cambiales, en se cloisonnant horizontalement, donnent du parenchyme libérien ; les cloisons horizontales se couvrent d'abord de ponctuations simples ; puis, un peu plus tard, ces ponctuations se transforment en ponctuations réticulées ; plus tard encore, les cellules parenchymateuses se boursouflent, se déforment, compriment et font disparaître les cellules grillagées (fig. 4, 5, 11, pl. 5).

Les cellules cambiales, lisses, non cloisonnées, s'allongent, et leurs cloisons transversales deviennent extrêmement obliques. On voit se former, de distance en distance, à la surface de ces cellules, de larges ponctuations simples, tant sur les faces latérales que sur les faces transversales des cellules. On voit apparaître ensuite un réseau à la surface de ces ponctuations.

Dans les figures 6 et 7, planche 5, j'ai dessiné quelques-unes de ces ponctuations. La figure 8 de la même planche représente un dessin de ces mêmes ponctuations, d'après M. le professeur Th. Hartig (*Vollsl. natur. d. Forstl. Culturpflanzen*, Berlin, 1852, Heft 1. — Pl. 5, fig. *m*). Hugo v. Mohl en 1855, et Herm. Schacht en 1860, ont reproduit ce même schéma.

Étudions maintenant le dernier élément du liber secondaire, à savoir les fibres libériennes ; ces éléments sont très-volumineux chez le *Cephalotaxus* (fig. 5, pl. 5), tandis que chez le *Taxus* (fig. 4, pl. 4) ils sont beaucoup plus petits.

J'ai déjà dit que la lamelle moyenne de la plupart des parois radiales des cellules cambiales du liber secondaire se ramollissait, et que de nombreux cristaux d'oxalate de chaux en enveloppe de lettre ne tardaient pas à se former dans la partie ramollie. Ce que j'ai dit des parois radiales en général s'applique à quelques parois tangentielles; c'est ce qui a lieu près des cellules cambiales qui doivent se transformer en fibres libériennes. Très-jeune encore une fibre libérienne est donc toujours entourée de cristaux, et ceux-ci sont très-volumineux chez le *Cephalotaxus*. Bientôt après, chez le *Torreya* et le *Cephalotaxus* ; longtemps après, au contraire, chez le *Taxus*, la membrane s'épaissit et se différencie en membrane primaire et en couches secondaires,

pendant que la substance intermédiaire se colore en rouge brun et se détruit (1) (fig. 10, pl. 5).

La figure 9, planche 5, qui n'est qu'une reproduction de la figure 6, tableau 9 du mémoire publié en 1852 par M. Hartig, représente des cellules épaissies *h h*, flottant dans la cavité de cellules dont les parois sont couvertes de granules arrondis. M. A. B. Frank, en 1864, rectifia partiellement cette inexactitude; mais il prit pour de petits granules de cellulose faisant saillie à la face interne de la cellule les cristaux d'oxalate de chaux contenus dans la membrane (2). En 1871, M. Solms Laubach corrigea l'observation de A. B. Frank.

Les cellules grillagées et les fibres libériennes comprimées par les cellules du parenchyme libérien hypertrophiées, peuvent même disparaître par suite de la soudure des deux faces tangentielles de la cellule.

Il n'y a de glande résinifère, ni dans le bois, ni dans le liber.

Tissu fondamental et système tégumentaire. — La moelle ne présente rien de particulier; elle est composée de cellules arrondies, un peu plus petites dans le voisinage des faisceaux ; il n'y a jamais de glande résinifère dans cette moelle.

Les rayons médullaires sont formés d'un seul rang de cellules dont les ponctuations latérales sont simples, oblongues, légèrement inclinées de haut en bas et de dehors en dedans; au delà de la zone cambiale, nous retrouvons la structure que nous avons déjà vue chez l'*Ephedra* et chez le *Salisburia*.

Le parenchyme herbacé est formé de cellules à parois minces couvertes de ponctuations simples et pleines de chlorophylle. Chez les *Torreya* et chez les *Cephalotaxus*, quelques-unes de ces

(1) Je donne le nom de *substance intermédiaire* à la lamelle moyenne ramollie des parois radiales; cette matière intermédiaire est très-distincte des membranes primaires des auteurs; elle existe souvent en même temps que ces dernières.

(2) D'après A. B. Frank, ces granules se colorent en bleu sous l'action de l'iode et de l'acide sulfurique; ils sont insolubles dans l'acide chlorhydrique, solubles dans l'acide sulfurique, gonflés par la potasse et colorés en bleu par le chloroiodure de zinc. J'ai donné plus haut les caractères chimiques de ces corps, qui sont des cristaux d'oxalate de chaux.

cellules se sclérifient, tandis que chez les *Taxus* il n'y a jamais dans cette région de cellules scléreuses. Chez les *Cephalotaxus*, la couche sous-épidermique des cellules du parenchyme herbacé se transforme en fibres hypodermiques. Chez les *Torreya* et chez les *Taxus*, il n'y a pas d'hypoderme.

Chez les *Torreya* et les *Cephalotaxus*, on trouve dans le parenchyme herbacé la terminaison des glandes résinifères de la feuille ; mais chez les *Taxus* il n'y a pas de glande résinifère dans cette région de la plante.

Dans les trois genres que nous étudions, la couche d'épiderme n'a qu'un rang de cellules. Chez les *Cephalotaxus* et chez les *Taxus*, les cellules épidermiques sont courtes, lisses, à parois assez minces; leur cuticule, très-épaisse, est remplie de cristaux d'oxalate de chaux. Chez les *Torreya*, les cellules épidermiques sont allongées en fibres à parois très-épaisses ; leur cuticule, extrêmement développée, contient aussi beaucoup de petits cristaux d'oxalate de chaux.

Décortication. — La formation du liége primaire diffère suivant qu'on la considère chez les *Torreya*, les *Taxus* et les *Cephalotaxus*. Chez les *Torreya* (fig. 12, pl. 5), une lame de phellogène apparaît sous l'épiderme. Dans les *Cephalotaxus* ou les *Taxus*, des arcs de phellogène se réunissent pour former un anneau complet entre les glandes résinifères et le liber primaire ; ce phellogène engendre du liége par division unilatérale externe et détache tous les coussinets des feuilles.

La formation du liége secondaire et de l'écorce crevassée, ou rhytidome, se fait de la même manière dans les trois genres. En effet, des arcs de phellogène apparaissent (*p*, fig. 11, pl. 5) dans le liber secondaire, où ils engendrent une mince lame de liége par division tangentielle unilatérale externe ; enfin les écailles de rhytidome se détachent de la tige après un temps très-long.

Structure de la feuille (1). — *Faisceau.* — La feuille n'a qu'un seul faisceau primaire, qui ne se divise pas dans son parcours à travers le limbe. La structure anatomique de ce faisceau est à peu près la même que celle des faisceaux primaires jeunes de la tige. Quant aux modifications qu'éprouvent les faisceaux dans le voisinage de leurs terminaisons, elles ont été très-bien étudiées par A. B. Frank dans le *Taxus baccata;* les éléments ligneux disparaissent, et il ne reste plus que quelques cellules réticulées (2).

De chaque côté de la partie ligneuse du faisceau de la feuille, nous voyons quelques cellules d'autant plus volumineuses qu'elles sont plus éloignées du faisceau et qui sont couvertes d'épaississements réticulés (fig. 20, *t*, pl. 5) : ce sont ces cellules que je désigne plus spécialement chez les Conifères par le nom de *cellules réticulées* ou de *tissu réticulé.* Ces éléments ont été très-bien étudiés par A. B. Frank en 1864.

Il n'y a pas de *gaîne protectrice* caractérisée autour de la nervure.

Chez les *Taxus*, la nervure est très-étroite, tandis que chez les *Torreya* et chez les *Cephalotaxus* elle est au contraire très-large; et, de plus, on trouve sous la nervure, dans ces deux derniers genres, une glande résinifère petite chez les *Cephalotaxus*, très-volumineuse chez les *Torreya* (fig. 14, 21, 26, pl. 5). Ces glandes résinifères des *Cephalotaxus* et des *Torreya* se terminent dans le parenchyme herbacé de la tige.

(1) Les feuilles sont persistantes, sessiles, étroites, aplaties, uninerviées, d'un vert foncé en dessus, présentant deux bandelettes glauques en dessous; elles sont légèrement rétrécies à leur base, et une petite torsion de cette partie étroite rejette la feuille à droite ou à gauche du rameau qui la porte, tournant ainsi vers le sol la face de la feuille qui porte les stomates (*a*); en même temps la feuille est comme couchée sur le rameau.

La feuille est portée par un coussinet peu saillant, d'une forme particulière (pl. 6, fig. 1); la cicatrice laissée par la feuille est elliptique, très-petite; le coussinet tombe presque toujours très-peu de temps après la chute de la feuille.

(2) A. B. Frank, *Bot. Zeit.*, 1864 (*loc. cit.*).

(*a*) A. B. Frank, *Sur la distribution des stomates sur les feuilles des Conifères* (*Bot. Zeit.*, n° 48, 1872).

Le tissu fondamental de la feuille est différencié en parenchyme rameux et en parenchyme en palissade.

Le système tégumentaire de la feuille est formé par une seule couche de cellules épidermiques. Je reviendrai sur ces éléments anatomiques, ainsi que sur les fibres hypodermiques et les fibres pseudolibériennes, en décrivant spécialement chacun des genres *Taxus*, *Torreya* et *Cephalotaxus*.

Les écailles ne sont que des feuilles restées à l'état rudimentaire.

Parcours des faisceaux. — Il y a quelques différences génériques sur le parcours des faisceaux primaires des *Taxus*, *Torreya* et *Cephalotaxus* (1).

(1) Le cycle d'insertion des feuilles des *Taxus* est 5/13 ou 3/8. Si nous suivons un faisceau primaire quelconque p: 1, 2, 3...n désignant les feuilles d'un même rameau dans l'ordre où elles sont placées sur la spirale qui les contient toutes; p naît à droite du faisceau $p-8$, il monte en s'inclinant légèrement vers la droite; après avoir décrit 1/13 de circonférence, il s'élève verticalement. A la hauteur du plan d'émergence de $p-3$, p donne naissance au faisceau $p+8$; il reste libre pendant trois entre-nœuds, puis il sort de la tige.

Chez les *Torreya*, les feuilles sont opposées deux à deux; il en est de même des faisceaux primaires qui s'y rendent. Si $0'$, $1'$, $2'$, $3'$...n' désignent les membres d'une première série de faisceaux; $0''$, $1''$, $2''$, $3''$...n'' les membres d'une seconde série diamétralement opposés à ceux de la première : $1'$ donne naissance, à sa gauche, au faisceau $4'$, qui fournira à son tour $7'$; $1''$ donne de même naissance, à sa gauche, à $4''$, qui donnera $7''$ à son tour; $1'$ et $6'$ sortent sur une même verticale.

Le parcours des faisceaux primaires des *Cephalotaxus* est le même que celui des faisceaux primaires des *Torreya* (a).

(a) Voyez sur ce sujet le mémoire de Th. Geyler (*loc. cit.*).

CARACTÈRES ANATOMIQUES DE CHACUN DES GENRES *TAXUS*, *TORREYA* ET *CEPHALOTAXUS*,

I.-C. 3. — TAXUS Tournefort.

Il n'y a jamais de glande résinifère dans la feuille du *Taxus baccata;* mais quelques cellules du parenchyme rameux du *T. Wallichiana* sont pleines de résine ; il en est de même de la plupart des cellules épidermiques des *T. montana* et *T. globosa.*

L'épiderme supérieur (fig. 16, pl. 5) est formé de cellules presque cubiques dont les parois extérieures sont généralement lisses (1) (fig. 18, pl. 5). Ces cellules sont très-volumineuses chez le *T. montana.*

Chez quelques espèces, toutes les cellules de l'épiderme inférieur sont couvertes de mamelons arrondis : *T. montana*, *T. globosa*, *T. Wallichiana.* Chez d'autres, au contraire, les cellules épidermiques placées sous la nervure sont lisses : *T. baccata*, *T. canadensis.*

Les stomates sont toujours situés à la face inférieure de la feuille, où ils forment de longues files parallèles (*s*, fig. 14 et 15, pl. 5) ; ces files sont groupées en bandelettes.

A l'exception du *T. canadensis*, les cellules épidermiques des bandelettes des autres *Taxus* sont mamelonnées. Chaque stomate (fig. 15, 17, pl. 5) se compose de deux cellules réniformes encastrées dans la face inférieure de quatre cellules épidermiques fortement mamelonnées. Chaque stomate se trouve, par suite, précédé d'une antichambre profonde, et cette disposition imprime un aspect caractéristique à la bandelette (fig. 15, pl. 5).

Il n'y a jamais, ni fibres hypodermiques, ni cellules pseudo-libériennes, ni sclérites, dans les feuilles des *Taxus.*

(1) Chez *T. montana* elles sont couvertes de mamelons arrondis.

Caractères anatomiques des espèces du genre Taxus. — Le genre *Taxus* de Tournefort contient cinq espèces qui peuvent être caractérisées anatomiquement, ainsi qu'il suit (1) :

Épiderme supérieur de la feuille entièrement mamelonné. 6 files de stomates par bandelette. Épiderme inférieur mamelonné sous la nervure. Pas de cellules à résine dans le parenchyme rameux .... *T. montana* Nutt.

Épiderme supérieur non mamelonné.	Épiderme inférieur mamelonné sous la nervure.	7 files de stomates, des cellules à résine..................	*T. Wallichiana* S. Z.
		9 files de stomates, pas de cellules à résine..................	*T. globosa* Schlecht.
	Épiderme inférieur non mamelonné.	13 files de stomates. Épiderme des bandelettes fortement mamelonné ; pas de cellules à résine.	*T. baccata* Tourn.
		6 files de stomates. Épiderme de la bandelette non mamelonné; pas de cellules à résine.......	*T. canadensis* Will.

En dehors des botanistes descripteurs, les auteurs qui se sont occupés de la distribution géographique des espèces du genre *Taxus* sont M. Beinling (2), Zuccarini (3), H. Schacht (4), Gansauge (5) et Seehaus (6) ; les trois derniers se sont surtout occupés du *Taxus baccata*.

I. — C. 4. — TORREYA Arnott.

Syn. : CARYOTAXUS Zuccarini ; FOETATAXUS Nelson.

Les *Torreya* habitent la Chine, le Japon (*T. nucifera*), a

(1) Syn. : Le *Taxus montana* de Nuttall, qui habite la partie orientale du Canada, est synonyme du *T. Floridiana* Nutt. — Le *T. Wallichiana* S. Z. a été regardé bien à tort comme une variété de notre *Taxus baccata ;* cette espèce habite l'Himalaya et le Boutan.— Le *T. globosa* Schlect. habite au Mexique sur le Real del Monte ; il n'a pas de synonyme. — Le *T. baccata* de Tournefort comprend parmi ses variétés : *T. cuspidata* S. Z., *T. depressa, T. fastigiata, Cephalotaxus tardiva.* Cette plante habite l'Europe, et, dans l'Asie, toute la région située au delà du 30e de latitude nord. — Le *T. canadensis* Willdenow habite le Canada. Cette espèce n'a pas de synonyme.

(2) Beinling, *loc. cit.*

(3) Zuccarini, *Flora japonica*, 1843.

(4) H. Schacht, *Der Baum*, 1860.

(5) Gansauge, *Ueber* Taxus baccata (*Bot. Zeit.*, 1862).

(6) Seehaus, *Ist die Eibe ein nordeutscher Baum ?* (*Bot. Zeit.*, 1862).

Californie et la Floride (*T. taxifolia*). Ces plantes sont propres à l'hémisphère nord.

Caractères anatomiques de la feuille. — Sous le faisceau on trouve une très-grande glande (fig. 21, pl. 5). Quelques cellules du tissu fondamental de la feuille se transforment en fibres pseudolibériennes chez le *T. nucifera*. Il n'y a pas d'hypoderme chez les *Torreya*.

L'épiderme supérieur se compose de très-longues cellules (fig. 23, 25, pl. 5), dont les parois sont très-fortement épaissies. Les couches cuticulaires et la cuticule sont extrêmement épaisses; elles contiennent un nombre considérable de très-petits cristaux d'oxalate de chaux. Les parties de l'épiderme inférieur correspondant à la nervure et près des bords de la feuille présentent la même structure que l'épiderme supérieur. Dans les bandelettes, qui sont au nombre de deux, situées à la face inférieure de la feuille de chaque côté de la nervure (fig. 21, 22, 24, pl. 5), les cellules épidermiques ont la forme de petits cubes surmontés de longues bosses. Ces cellules entourent les stomates et forment de grandes chambres en avant de ces organes. Les stomates sont, comme chez le *Taxus*, formés d'une paire de cellules réniformes; ces cellules sont disposées en files groupées en bandelettes.

Caractères anatomiques des espèces du genre Torreya. — Il n'y a que deux espèces de *Torreya* qui se différencient par ce caractère anatomique, que l'une, *T. nucifera*, a des fibres pseudolibériennes, tandis que l'autre, *T. taxifolia*, n'en a jamais (1).

Le *T. grandis* Fort. est une variété du *T. nucifera* S. Z., et le *Torreya Myristica* Hook. f. une variété du *T. taxifolia*.

(1) Syn. : Le *T. nucifera* Sieb. Zucc. a pour synonymes : *Taxus nucifera* Kæmpf., *Podocarpus coreana* Hort., *Caryotaxus nucifera* Nelson. — Le *T. taxifolia* Arnott a pour synonymes : *T. montana* Hort., *Fœtataxus montana* Nelson, *Stinking Cedras*.

I. — C. 5. — CEPHALOTAXUS Sieb. et Zuccar.

Les *Cephalotaxus* ne se trouvent qu'en Chine et au Japon.

Caractères anatomiques de la feuille des Cephalotaxus. — Sous la nervure on trouve toujours une glande résinifère très-petite. Chez le *C. pedunculata*, il y a des fibres pseudolibériennes dans le tissu fondamental, mais jamais il n'y a d'hypoderme. Chez le *C. Fortunei*, au contraire, il y a des fibres hypodermiques, mais jamais de fibres pseudolibériennes.

L'épiderme supérieur de la feuille (fig. 28, 30, pl. 5) est composé de cellules presque cubiques, lisses, à parois minces. Les cellules de l'épiderme inférieur situées sous la nervure et sur les bords de la feuille ont la même structure.

Les bords de la feuille des *Cephalotaxus* sont lisses, comme chez les *Torreya ;* mais dans les *Taxus* les mêmes parties de la feuille sont mamelonnées (fig. 19, pl. 5).

L'épiderme des bandelettes est composé de cellules cubiques (fig. 27, 29, pl. 5), lisses, à parois minces. Les stomates, composés de deux cellules réniformes, sont disposés en files, et les files groupées en bandelettes (1).

Caractères anatomiques des espèces du genre Cephalotaxus. — J'ai déjà indiqué plus haut un premier caractère qui différenciait les deux espèces de *Cephalotaxus : C. pedunculata* S. Z. (2) et *C. Fortunei* Hook. f. (3). On peut ajouter à ce premier caractère la différence suivante : le *C. pedunculata* a de quinze à

(1) M. Hildebrand (*loc. cit.*) ayant pris le *Cephalotaxus tardiva*, simple variété du *Taxus baccata*, pour un vrai *Cephalotaxus*, a décrit deux formes de stomates chez les *Cephalotaxus*.

(2) Syn. : *Taxus sinensis* Knight, *Taxus Harringtonia* Forbes, *Cephalotaxus drupacea* S. Z., et ses synonymes *Podocarpus drupacea* Hort., *Taxus baccata* Thunb., *Cephalotaxus coriacea* Knight, *Taxus japonica* Hook. ex Gordon. Cette plante habite le Japon.

(3) Syn. : *C. filiformis* Knight.

dix-sept files de stomates par bandelette, le *C. Fortunei* en a au moins vingt-deux (1).

Si dans les trois genres *Taxus*, *Torreya* et *Cephalotaxus*, qui sont très-voisins, nous mettons en présence les espèces et les localités qu'elles habitent ; si en même temps nous les rangeons d'après leurs affinités organiques, nous aurons le tableau suivant :

TAXUS.

T. baccata, Europe.	*T. canadensis*, Canada.
T. Wallichiana, Inde.	*T. globosa*, Canada.
	T. montana, Californie.

TORREYA.

T. nucifera, Japon.	*T. taxifolia*, Californie.

CEPHALOTAXUS.

C. Fortunei, Chine.
C. pedunculata, Japon.

C'est-à-dire que les espèces les plus voisines anatomiquement sont aussi les plus voisines géographiquement. De plus, on voit une sorte de parallélisme entre la flore de l'Amérique du Nord et celle de l'Asie, la flore de l'Europe servant d'intermédiaire entre les deux précédentes.

Résumé des caractères anatomiques qui différencient entre eux les genres *Taxus*, *Torreya* et *Cephalotaxus*.

Taxus. — Pas de glande résinifère dans le parenchyme herbacé, cellules de l'épiderme de la tige à parois minces ; pas d'hypoderme, ni de sclérite ; fibres libériennes très-lentes à s'épaissir ; le liége primaire apparaît dans le parenchyme herbacé. — Feuilles sans glande résinifère ; cellules de l'épiderme à parois minces, mamelonnées dans les bandelettes ;

(1) Pour compter les stomates, on prend une feuille adulte et l'on examine à la loupe les files blanches qui sont dans la partie médiane de la feuille ; ou mieux encore on prépare un épiderme de feuille par la macération de Schultz (acide azotique et chlorate de potasse).

pas d'hypoderme ; les bords de la feuille portent de très-petites saillies.

Torreya. — Des glandes résinifères dans le parenchyme herbacé ; cellules de l'épiderme de la tige à parois épaisses ; pas d'hypoderme, des sclérites ; fibres libériennes s'épaississant rapidement ; le liége primaire apparaît entre l'épiderme et le parenchyme herbacé. — Feuilles avec une grosse glande médiane sous la nervure ; cellules de l'épiderme à parois épaisses ; celles des bandelettes ont leurs parois minces et sont mamelonnées ; pas d'hypoderme ; les bords de la feuille sont lisses.

Cephalotaxus. — Des glandes résinifères dans le parenchyme herbacé ; cellules de l'épiderme de la tige à parois minces ; de l'hypoderme, des sclérites ; fibres libériennes s'épaississant très-rapidement ; le liége primaire apparaît dans le parenchyme herbacé. — Feuilles munies d'une petite glande médiane sous la nervure ; cellules de l'épiderme à parois minces, lisses ; de l'hypoderme ou des fibres pseudolibériennes ; les bords de la feuille sont lisses.

I. — C. 6. — PODOCARPUS L'Héritier.

Le genre *Podocarpus* peut être divisé en cinq sections : les *Podocarpus*, les *Prumnopitys*, les *Polypodiopsis*, les *Nageia* et les *Dacrydium*.

Historique. — En dehors du travail de M. Geyler (1) sur le parcours des faisceaux primaires de la tige de quelques *Podocarpus*, je ne connais aucun travail sur l'anatomie de ces plantes.

M. Hildebrand, en 1860, étudie les stomates de quelques *Podocarpus* et des *Dacrydium* (2). En 1863, M. Friedr. Thomas

(1) M. Th. Geyler, *Jahrb.*, 1867.

(2) *Loc. cit.*

examine la structure du tissu fondamental des feuilles des *Podocarpus* (*Eupodocarpus*) (1). Enfin, en 1872, H. v. Mohl parle incidemment du parenchyme de leur feuille (2).

Le docteur Beinling a étudié la distribution géographique de la plupart de ces plantes (3).

Structure de la tige. — Faisceaux. — La structure des faisceaux primaires de la tige des *Podocarpus* est la même que celle des faisceaux des *Taxus*, à cela près pourtant que les fibres ligneuses n'ont point d'épaississements spiralés, et que le parenchyme ligneux s'y trouve souvent en quantité plus considérable que chez ce dernier. Les fibres libériennes présentent des parois épaisses de très-bonne heure. De même que chez les *Taxus* il n'y a jamais de glandes résinifères, ni dans le bois, ni dans le liber (4).

Tissu fondamental et système tégumentaire. — La moelle est composée de cellules arrondies, et ses rapports avec les faisceaux sont à peu près ce que nous avons déjà vu chez les *Taxus*, les *Torreya* et les *Cephalotaxus* (fig. 2, pl. 6). Les rayons médullaires ont un ou deux rangs de cellules d'épaisseur ; les parois des cellules des rayons sont assez peu épaisses, et les ponctuations de leurs parois latérales forment de larges ellipses ; quelquefois ces ponctuations latérales sont aréolées, mais ce fait est beaucoup plus rare. Dans sa région libérienne, la structure du rayon médullaire est celle que nous avons déjà décrite chez les *Taxus*.

L'écorce primaire se compose d'un parenchyme herbacé à cellules gorgées de chlorophylle et munies de parois assez

(1) *Loc. cit.*

(2) H. von Mohl, *Ueber Morphologie der Blattern von* Sciadopitys (*Bot. Zeit.*, 1871, nos 1 et 2).

(3) Dr Beinling, *Ueber die geograph. Verbreitung d. Coniferen.* Breslau, 1858, in-4.

(4) De même que chez les *Taxus*, on trouve des cristaux d'oxalate de chaux dans les parois cellulaires des éléments libériens, mais jamais on ne trouve de cristaux dans l'intérieur des cavités cellulaires.

épaisses, et dont la couche externe se transforme toujours en hypoderme. On trouve toujours dans ce parenchyme herbacé les terminaisons des glandes résinifères des feuilles.

Le système tégumentaire est formé par une seule couche de cellules épidermiques à parois minces, lisses, sans poils ni stomates.

Décortication. — Dans les espèces du genre *Podocarpus* qui forment les sections des *Podocarpus* (*Eupodocarpus*), *Prumnopitys* et *Nageia*, on voit se former une lame de phellogène immédiatement au-dessous de l'hypoderme. Ce phellogène engendre une lame de liége. Chez les plantes de la section des *Dacrydium*, la première lame de phellogène apparaît entre les glandes résinifères du parenchyme herbacé et le liber primaire ; elle enlève donc une partie du parenchyme herbacé en même temps que l'épiderme et l'hypoderme (1).

Quel que soit le mode de formation du liége primaire, on voit apparaître de petits arcs de phellogène au milieu même du liber secondaire ; ces lames de phellogène déterminent la formation de lentilles de rhytidome, absolument comme chez les *Taxus*. Les *Podocarpus* se distinguent toutefois par cette particularité que les parois des cellules en contact avec le phellogène s'emplissent de cristaux d'oxalate de chaux.

Structure de la feuille (2). — Dans les sections des *Podocarpus* proprement dits, *Prumnopitys*, *Polypodiopsis* et *Dacrydium*, la nervure est formée par un seul faisceau indivis, tandis que dans les *Nageia* le faisceau primaire unique qui se rend à la feuille se partage à la base du limbe en un grand nombre de

(1) Je n'ai pu étudier les phénomènes de la décortication chez les *Polypodiopsis*, faute de matériaux.

(2) Dans les sections des *Podocarpus* (*Eupodocarpus*), *Prummopitys*, *Polypodiopsis*, les feuilles sont persistantes, sessiles, aplaties, légèrement étranglées à leur base ; chez les *Podocarpus*, leurs dimensions varient beaucoup suivant les espèces. Dans les trois autres genres elles ont à peu près la même grandeur que chez les *Torreya*.

nervures parallèles, dont les plus volumineuses se scindent un peu plus haut en plusieurs branches parallèles.

La structure des faisceaux de la feuille est la même que celle des jeunes faisceaux primaires de la tige (fig. 4, 12, 14, 19, pl. 6). De chaque côté de la nervure on trouve toujours une petite masse de cellules réticulées.

On rencontre constamment sous chaque faisceau une glande résinifère ; chez quelques *Podocarpus* et chez les *Polypodiopsis*, les feuilles sont couchées sur les rameaux, comme dans les *Taxus*, et une légère torsion de leur base les rejette à droite et à gauche comme dans cette plante. Chez les autres *Podocarpus* et *Prumnopitys*, les feuilles au contraire ne sont pas appliquées sur les rameaux.

A l'exception du *Podocarpus elongata* et des plantes des trois dernières sections, la face supérieure de la feuille est dépourvue de stomates. Au contraire, la face inférieure en porte toujours deux larges bandelettes, mais assez mal délimitées d'ailleurs. Les *Podocarpus elongata* et *amara* n'ont pas de bandelette à la face inférieure de la feuille ; les files de stomates parallèles à la nervure couvrent toute la face inférieure du limbe ; les *Polypodiopsis* présentent, en outre, une glande résinifère au milieu du parenchyme fondamental de la feuille, de chaque côté de la nervure. Le volume de ces glandes varie, d'ailleurs, d'un genre ou même d'une espèce à l'autre.

Le parenchyme fondamental est toujours différencié en parenchyme rameux et en parenchyme en palissade, les *Dacrydium* cependant font exception à cette règle.

Structure des écailles. — Les écailles, lorsqu'elles existent, ne sont que des feuilles incomplétement développées. Le faisceau est toujours unique et indivis ; il surmonte une glande résinifère souvent très-volumineuse. Le parenchyme fondamental n'est pas différencié en parenchyme rameux et en parenchyme en palissade ; en général, il contient des fibres pseudolibériennes,

et sa couche externe est transformée en fibres hypodermiques. L'épiderme de l'écaille est composé de cellules cubiques courtes, lisses ; celles de la face externe ont leurs parois fortement épaissies, celles de la face interne ont au contraire leurs parois minces.

CARACTÈRES ANATOMIQUES DES SECTIONS DU GENRE *PODOCARPUS*.

Première section. — PODOCARPUS (*Eupodocarpus*).

Les *Podocarpus* proprement dits habitent l'est de l'Asie, Sumatra, Java, Bornéo, la Nouvelle-Guinée, la Nouvelle-Hollande, la Tasmanie, la Nouvelle-Zélande, l'Amérique du Sud, la Jamaïque et le cap de Bonne-Espérance (1).

Caractères anatomiques des feuilles des Podocarpus (*Eupodocarpus*). — La nervure, très-large chez quelques espèces, très-étroite chez d'autres, présente chez le *P. amara* un profond sillon médian. De chaque côté de la nervure on trouve accolés à la masse ligneuse des cellules réticulées, d'autant plus petites qu'elles sont plus près des fibres ligneuses ; ceux de ces éléments qui sont au contact des fibres ligneuses ne sont que des cellules ligneuses courtes ; les autres sont des cellules du tissu fondamental, modifiées par des épaississements particuliers. Suivant les espèces, ces cellules réticulées sont plus ou moins développées ; c'est chez le *P. elongata* qu'elles sont les plus nombreuses et les mieux apparentes (fig. 3, 4, pl. 6). Une gaîne très-mal définie sépare ce tissu et le faisceau du reste du tissu fondamental de la feuille.

La différenciation du tissu fondamental en parenchyme en palissade et en parenchyme rameux est plus complète chez les *Podocarpus* proprement dits que chez les autres Conifères. En effet, les cellules du tissu fondamental comprises entre le

(1) Certains auteurs ont cité le *Podocarpus elongata* L'Hér. parmi les plantes abyssiniennes, mais jusqu'ici l'authenticité de ces observations n'a pas été établie.

parenchyme en palissade, le parenchyme rameux et la gaîne de la nervure, s'allongent, épaississent souvent très-fortement leurs parois, qui se couvrent de profondes ponctuations simples, et forment ainsi un tissu particulier que H. v. Mohl a nommé *tissu de transfusion* (1). En général, le tissu de transfusion et le tissu réticulé ne sont pas en contact immédiat ; les cellules de la gaîne les séparent (2).

L'épiderme supérieur (fig. 7, pl. 6) est formé de cellules cubiques à parois presque lisses et assez minces; la partie de l'épiderme inférieur placé sous la nervure a la même structure que l'épiderme supérieur ; la structure des bandelettes rappelle tout à fait ce que nous avons vu dans les *Cephalotaxus*.

Sous l'épiderme il y a, en général, une couche de fibres hypodermiques épaissies.

Parcours des faisceaux. — Suivant les espèces et suivant les individus, les cycles d'insertion des feuilles sont très-variables. Sur un même individu, ils varient d'une branche à l'autre, et cela sans la moindre régularité dans la succession des cycles ; 3/8 et 5/13 sont ceux que l'on rencontre le plus souvent. Quel que soit le cycle, le parcours des faisceaux primaires est, à peu de chose près, ce que nous avons vu chez le *Taxus;* aussi ne m'y arrêterai-je pas davantage.

(1) H. von Mohl, *Ueber Morphologie der Blättern* Sciadopitys verticillata S. Z. (*Bot. Zeit.*, 1871, nos 1 et 2).

(2) En 1863, le tissu de transfusion avait été observé chez le *P. elongata* par M. F. Thomas ; mais, malgré la description de cet auteur, M. Frank et H. von Mohl (le premier chez le *Taxus*, en 1864, le second chez le *Podocarpus elongata*, en 1871) désignèrent sous le même nom le *tissu réticulé* et le *tissu de transfusion ;* d'où la critique très-vive adressée par H. von Mohl au travail de M. A. B. Frank sur le *Taxus baccata*.

Tableau synoptique des caractères anatomiques des espèces de la section des Podocarpus (*Eupodocarpus*).

- Des stomates sur les deux faces de la feuille. Le tissu aréolé est extrêmement développé .... *P. elongata.*
- Des stomates sur la face inférieure de la feuille seulement.
  - Pas de bandelette sur la face inférieure.
    - Pas d'hypoderme; la nervure présente un profond sillon médian .... *P. amara.*
    - De l'hypoderme; la nervure n'est pas sillonnée. *P. coriacea.*
  - Deux bandelettes sur la face inférieure de la feuille.
    - Plus de 20 files de stomates.
      - 75 files par bandelette .... *P. Rhumphii.*
      - 60 files par bandelette .... *P. neriifolia.*
      - 45 files par bandelette...
        - Pas d'hypod. entre les stomates .... *P. bracteata.*
        - De l'hypoderme.... *P. polystachya.*
      - 27 files par bandelette .... *P. leptostachya.*
      - 20 files par bandelette...
        - Pas d'hypod. entre les files de stomates... *P. chinensis.*
        - De l'hypoderme entre les files de stomates. *P. macrophylla.*
    - Moins de 20 files de stomates.
      - 18 files de stomates au plus.
        - Pas d'hypod. entre les files.
          - Pas de cellules à résine dans le parenchyme. *P. chilina.*
          - Des cellules à résine. *P. Brownii.*
        - De l'hypod. entre les files de stomates. *P. glomerata.*
      - 9-12 files de stomates au plus.
        - De l'hypoderme.
          - De l'hypoderme entre les files .... *P. Totara.*
          - Pas d'hypod. entre les files .... *P. Lamberti.*
        - Pas du tout d'hypoderme .... *P. taxifolia.*

Si nous rangeons les *Podocarpus* dans l'ordre de leurs affinités naturelles, et si en même temps nous mettons en regard les localités habitées par ces plantes, nous aurons le tableau suivant :

P. amara, Java.	*P. Totara*, Nouvelle-Zélande.	*P. Brownii*, Nlle-Hollande.	*P. elongata*, cap B.-E.
	P. Lamberti, Brésil.		
	P. glomerata, Pérou.		
P. macrophylla, Japon.	*P. chilina*, Chili.		
P. chinensis, Chine.			
P. leptostachya, Bornéo.			
P. polystachya, Singapour.	*P. taxifolia*, Chili.		
P. bracteata, Amboine.			
P. neriifolia, Singapour.			
P. Rhumphii, Nouvelle-Guinée.			
P. coriacea, Jamaïque.			

Synonymie des espèces de la section des Podocarpus (*Eupodocarpus*).

Le *P. elongata* L'Hérit. habite l'Afrique australe. — Syn.: *P. pruinosa* E. Mey., *P. Meyeriana* Endl., *P. falcata* R. Br., *P. linearis* Hort., *Taxus elongata* Soland., *T. capensis* Law.

Le *P. amara* Blume. — Syn. : *P. cuspidata* Hort.

P. coriacea Rich. — Syn. : *P. Yacca* Don, *P. Antillarum* R. Br., *Taxus lancifolia* Wickström.

P. Rhumphii Blume. — Habite les îles Moluques et la Nouvelle-Guinée. — Syn. : *Nageia agathifolia* Bl., *N. Blumei* Gord., *Cerbera neriifolia* Zipp., *Lignum emanum* Rhumph.

P. neriifolia R. Br. — Habite la presqu'île de Malacca. — Syn. : *P. macrophylla* Wall.

P. bracteata Blume. — Habite les forêts d'Amboine.

P. polystachya R. Br. — Habite Singapour (1).

P. leptostachya Blume. — Habite Bornéo.

P. chinensis Wallich. — Habite la Chine (2). — Syn. : *P. makis* et *Juniperus chinensis* Roxbg.

P. macrophylla Don. — Habite le Japon. — Syn. : *Taxus macrophylla* Banks, *P. mucronata* Hort.

P. chilina Rich.— Habite le Chili.— Syn. : *P. saligna* Don.

P. Brownii, nov. sp. — Habite la rivière des Cygnes, sur la côte occidentale de l'Australie (3).

(1) Les *P. Purdiana* Hook., *P. salicifolia* Klotzsch, *P. Sellowii* Klotzsch, se rattachent étroitement par l'anatomie au *P. polystachya* R. Br.

(2) Les *P. corrugata* Gord., *P. longifolia* Hort. aliq., ne diffèrent pas anatomiquement du *P. chinensis* Wallich.

(3) Cette espèce a été établie d'après un échantillon de l'herbier du Muséum de Paris.

P. glomerata Don. — Habite le Pérou et le Chili. — Syn. : *P. rigida* Klotz., *Juniperus rigida* Pav. (1).

P. Totara Don. — Habite la Nouvelle-Zélande. — Syn. : *P. pungens* Hort., *P. spinulosa* Hort., *Dacrydium spinulosum* Hort. (2).

P. Lamberti Klotz. — Habite le Brésil.

P. taxifolia Humb. et Bonp. — Habite le Pérou. — Syn. : *P. montana* Lodd., *Torreya Humboldtii* Knight, *Dacrydium distichum* Don.

Deuxième section. — PRUMNOPITYS.

Cette section contient deux espèces : *Podocarpus andina* (3), du Chili, et *P. ferruginea*, de la Nouvelle-Zélande (4).

Les caractères anatomiques propres aux plantes de la troisième section sont : le manque d'hypoderme, l'ondulation (fig. 8, pl. 6) des faces verticales de l'épiderme supérieur des feuilles, et le manque de tissu de transfusion.

Le *Podocarpus andina* se différencie anatomiquement du *Podocarpus ferruginea* ; le premier a six files de stomates par bandelette, tandis que le second en compte treize.

Troisième section. — POLYPODIOPSIS.

La section des *Polypodiopsis* ne contient qu'une seule espèce, le *Podocarpus vitiensis*, des îles Viti (5).

(1) Les *P. nubigæna* Lindley et ses synonymes, *P. oleifolia* Don, ne diffère pas anatomiquement du *P. glomerata*.

(2) *P. alpina* R. Br. est identique anatomiquement avec le *P. Totara* Don.

(3) *Podocarpus andina* Pœpp. est synonyme de *Prumnopitys elegans* Philippi.

(4) *P. ferruginea* Don est synonyme de *P. taxifolia* Hort.

(5) *P. vitiensis* A. Brongn. a pour synonymes : *Polypodiopsis Muelleri* Carr., et *Torreya bogotensis* Linden.

M. Carrière, dans son *Traité général des Conifères*, a attribué bien à tort à son *Polypodiopsis Muelleri* des feuilles composées.

Chez le *Podocarpus vitiensis*, la structure anatomique de la feuille est très-différente de celle de toutes les autres espèces de *Podocarpus*. En effet, le tissu réticulé est en contact avec une mince lame de tissu de transfusion ; il y a une glande sous la nervure et une glande au milieu du parenchyme de chaque côté de celle-ci. Le tissu fondamental est mal différencié en parenchyme en palissade et en parenchyme rameux. On trouve des stomates sur les deux faces de la feuille.

Parcours des faisceaux. — Chez le *Podocarpus vitiensis*, les feuilles sont opposées deux à deux, et le parcours des faisceaux primaires de la tige est très-différent du parcours des faisceaux des autres *Podocarpus*.

Si $0', 1', 2' \ldots n'$ désignent les membres d'une première série de faisceaux, $0'', 1'', 2'' \ldots n''$ désignant les membres d'une seconde série de faisceaux primaires diamétralement opposés aux faisceaux de même nom de la première série, un faisceau p' donne naissance à sa gauche au faisceau $p'+1'$; p'', qui est diamétralement opposé à p', donne naissance à sa gauche à $p''+1''$; $p'+2'$ est sur la verticale qui contient p'' ; et, $p''+2''$ est sur la verticale qui contient p'.

Quatrième section. — NAGEIA.

Les *Podocarpus* de la section des *Nageia* habitent le Japon, la presqu'île de Malacca et les Moluques.

Caractères anatomiques des feuilles de Nageia (1) (fig. 13, 14, 15, 16, pl. 6). — Les feuilles des *Podocarpus* de la section des *Nageia* reçoivent de la tige un seul faisceau primaire qui se divise en plusieurs branches à peu près égales et parallèles entre

(1) Les feuilles des *Podocarpus* de la section des *Nageia* sont larges, elliptiques, aplaties, sessiles et plurinerviées; à l'exception de *Podocarpus japonica*, les autres *Podocarpus* de la section des *Nageia* ont des stomates sur les deux faces de la feuille.

elles. Sous chaque nervure on trouve une glande résinifère. Le tissu fondamental est bien différencié en parenchyme en palissade et en parenchyme rameux ; de plus, au contact de l'épiderme, on trouve une couche continue de fibres hypodermiques. Dans quelques espèces de cette section on rencontre des fibres pseudo-libériennes dans le voisinage du tissu de transfusion.

L'épiderme est composé de courtes cellules cubiques, dont les parois latérales et profondes sont minces, tandis que les parois externes, très-épaisses, sont criblées de très-petites ponctuations.

On trouve des stomates disposés en files sur les deux faces de la feuille des *Podocarpus* de la section des *Nageia*, le *P. japonica* excepté ; cette dernière espèce n'en présente jamais sur la face supérieure. Les files de stomates ne forment pas de bandelette.

Le parcours des faisceaux primaires de la tige des *Podocarpus* de la quatrième section est le même que celui des faisceaux de la tige des espèces des trois premières.

On peut différencier facilement les espèces des *Podocarpus* de la section des *Nageia* par l'étude des caractères anatomiques de leurs feuilles :

Le *P. Blumei* a des stomates sur les deux faces de la feuille, le parenchyme en palissade contre la face supérieure.

Le *P. latifolia* a des stomates sur les deux faces de la feuille, le parenchyme en palissade contre la face inférieure.

Le *P. japonica* n'a pas de stomates sur la face supérieure ; le parenchyme en palissade est placé contre la face supérieure.

Cinquième section. — DACRYDIUM.

Les *Podocarpus* de la section des *Dacrydium* ont pour caractères anatomiques (1) : l'absence du tissu de transfusion,

(1) Les feuilles sont squamiformes, triangulaires, sessiles, très-petites ; leur forme varie notablement avec l'âge et l'époque de l'année où elles se forment. Elles sont élargies à leur base et sont terminées par une pointe très-aiguë.

la non-différenciation du tissu fondamental (fig. 17, 18, 19, pl. 6), la présence constante d'hypoderme sous l'épiderme, la présence constante de stomates sur la face supérieure de la feuille. De même que chez les *Podocarpus* de la section des *Nageia*, les stomates sont disposées en files, mais celles-ci ne sont pas groupées en bandelette ; enfin la forme de la section transversale, qui est une sorte de losange dont la grande diagonale est verticale chez les *Dacrydium*.

Tableau synoptique des caractères anatomiques des espèces du genre Podocarpus, *section des* Dacrydium.

Pas de stomates sur la face inférieure			*P. laxifolia.*
Stomates sur la face inférieure.	Une très-grosse glande résinifère.	Pas de fibres pseudo-libériennes sous la nervure	*P. dacrydioides.*
		Des fibres pseudo-libériennes sous la nervure	*P. cupressina.*
	Une glande résinifère très-petite. Des fibres pseudo-libériennes		*P. elata.*

Distribution géographique et synonymie des espèces de la sixième section des Podocarpus.

P. laxifolia Hook. — Habite le mont Tongariro dans la Nouvelle-Zélande. — Syn. : *Dacrydium laxifolium* Hook. fils.

P. dacrydioides A. Rich. — Habite avec le précédent. — Syn. : *Dacrydium cupressinum* Solander, *D. Lobbi* Hort.

P. cupressina R. Br. — Habite Java.— Syn. : *P. imbricata* Blume, *P. Horsfieldii* Wall., *Taxodium Horsfieldii* Knight, *Glyptostrobus Horsfieldii* Hort., *Thalamia cupressina* Spreng.

P. elata R. Br. — Habite Sumatra. — Syn. : *Dacrydium elatum* Wall., *Lycopodium arboreum* Jung., *Juniperus Philippsiana* Wall.

Tableau synoptique résumant les caractères anatomiques qui différencient entre elles les sections du genre Podocarpus.

- Une nervure; une seule glande résinifère sous la nervure
  - Du tissu de transfusion; en général, stomates sur une seule face .... PODOCARPUS.
  - Pas de tissu de transfusion.
    - De l'hypoderme; les parois verticales des cellules épidermiques ne sont pas ondulées. — Stomates sur les deux faces; feuille tétragone. DACRYDIUM.
    - Pas d'hypoderme; les parois verticales des cellules épidermiques ondulées; stomates sur une seule face; feuille aplatie. PRUMNOPITYS.
- Une nervure; trois glandes résinifères, dont une seule sous la nervure; stomates sur les deux faces de la feuille; feuille aplatie. . POLYPODIOPSIS.
- Plusieurs nervures; sous chaque nervure une glande résinifère; en général, des stomates sur les deux faces de la feuille......... NAGEIA.

I. E. 6 *bis*. SAXE-GOTHEA.

Le genre *Saxe-Gothea* ne contient qu'une espèce, *S. conspicua* Lindl., qui ne diffère anatomiquement des *Podocarpus* (*Eupodocarpus*) que par la petite quantité de tissu réticulé qui se trouve près de la nervure.

GÉNÉRALITÉS SUR LES GENRES *PICEA*, *LARIX*, *CEDRUS*, *ABIES*, *PINUS*.

Le genre *Picea* comprend trois sous-genres : les *Picea*, les *Tsuga*, les *Pseudotsuga*. Le genre *Pinus* comprend sept sections : les *Cembra*, les *Strobus*, les *Pseudostrobus*, les *Tæda*, les *Pinea*, les *Pinaster*, les *Monophylla*.

Historique. — M. H. R. Göppert (1) publie, en 1841, ses observations sur la structure des fibres ligneuses des *Abies* et des *Pinus*. En 1852, le professeur Th. Hartig (2) donne quelques figures des fibres ligneuses des *Pinus* européens, mais aucune description n'est jointe à ces figures. M. Dippel (3), en

(1) *De struct.* (*loc. cit.*).

(2) *Vollst. culturpfl.* (*loc. cit.*).

(3) *Bau d. Markscheide* (*loc. cit.*). Ce travail a été repris cette année par M. E de la Rue, de Charkow (*Bot. Zeit.*, 1873).

1862, fait connaître les vaisseaux rayés étroits qui existent chez les Abiétinées et chez les Pinées, entre les trachées et les fibres ligneuses. Enfin, en 1872, M. J. Schröder, à Dresde (1), M. Wiesner, à Wien (2), étudient les dimensions des fibres ligneuses des Abiétinées que l'on rencontre le plus souvent parmi les bois flottés. Cette même année, M. Carl. Sanio (3) commence un travail sur le *Pinus silvestris*, et dans ce mémoire il étudie avec grand soin les variations des dimensions des éléments du bois dans cette plante.

Le liber des Abiétinées et des Pinées n'a été que peu étudié ; en effet, les seules données que nous possédions aujourd'hui sur ce sujet se réduisent à :

1° Quelques figures non expliquées, données en 1852 par le professeur Th. Hartig ; 2° quelques mots et une figure schématique du très-jeune liber secondaire de *Pinus Strobus*, donnée par H. von Mohl en 1855. 3° H. Schacht, dans son travail sur la structure de la tige de l'*Araucaria brasiliensis*, compare la structure du jeune liber secondaire de cette plante à la structure de ce même tissu chez quelques Abiétinées (*Abies*, *Larix* et *Pinus Strobus*), et figure dans son *Der Baum* les cellules grillagées du *Larix europæa* (4).

Le docteur Fr. Thomas a dit quelques mots de la forme des cellules épidermiques des feuilles des Abiétinées et des Pinées ; il renvoie le lecteur au travail de M. F. Hildebrand pour la structure des stomates d'*Abies* et de *Pinus*.

(1) *Loc. cit.*
(2) *Loc. cit.*
(3) *Ueber die grösse* (*loc. cit.*).
(4) *Loc. cit.* (*a*).

(*a*) Il vient de paraître, il y a quelques jours, un travail de M. C. Sanio sur la structure secondaire du jeune liber de *Pinus silvestris*. M. Sanio parle de la formation des glandes résinifères du bois secondaire, et d'une substance particulière qui serait interposée à la manière d'une matière intercellulaire entre les cellules libériennes : ce n'est autre chose que la *matière intermédiaire* dont j'ai déjà parlé à propos des Taxinées. Dans ce mémoire, M. Sanio insiste surtout sur la non-perforation des ponctuations aréolées des parois latérales des fibres ligneuses à l'état normal. (Pringsh., *Jahrb.*, Bd. IX, Heft 1.)

H. Schacht (1), en 1860, avait donné les schémas des coupes transversales des feuilles d'*Abies*, de *Picea*, de *Larix* et de *Pinus*. Bien avant lui, en 1852, M. Th. Hartig (2) avait de même donné quelques-uns de ces schémas ; mais, ni l'un ni l'autre de ces deux observateurs ne tira de conclusions de la comparaison de ces figures entre elles.

H. von Mohl, en 1871 (3), s'occupe incidemment du tissu aréolé de la nervure des Abiétinées.

M. J. Sachs (4), dans son Traité général de botanique, parle des stomates des feuilles de Pin, des épaississements de certaines cellules de l'épiderme (principalement les cellules des bords de la feuille), des glandes résinifères des feuilles, et des plissements singuliers de la plupart des cellules du parenchyme de ces organes.

Les glandes résinifères que l'on rencontre dans le bois de la plupart des Abiétinées et des Pinées ont été signalées par M. Göppert (5), Th. Hartig (6), H. Schacht (7), M. Dippel (8), M. N. S. C. Müller (9) et M. Van Tieghem (10). M. Dippel est le seul observateur qui se soit appesanti quelque peu sur le mode de formation de ces glandes chez l'*Abies pectinata*.

Les glandes résinifères de l'écorce primaire ont été étudiées par M. Van Tieghem.

Les glandes de la feuille ont été étudiées par M. Fr. Thomas et par M. J. Sachs.

A. Henry, en 1847, expose la phyllotaxie du *Picea alba* et du *Larix europæa* (11). En 1848, M. Lestiboudois étudie le parcours

(1) *Loc. cit.*
(2) *Loc. cit.*
(3) *Morphol. der Blattes* Sciadopitys (*loc. cit.*).
(4) *Lehrbuch* (*loc. cit.*).
(5) *Loc. cit.*
(6) *Loc. cit.*
(7) *Loc. cit.*
(8) *Bot. Zeit.*, 1863.
(9) N. J. C. Müller, *Untersuchungen über d. Vertheilung d. Harze* (*Jahrb.*, Bd. V, Heft 3, 4).
(10) *Loc. cit.*
(11) A. Henry, *Beitr. zur Kenntn. d. Laubknospen*, 1847.

des faisceaux primaires de l'*Abies balsamea* (1). M. Nägeli, en 1858, donne le parcours des faisceaux primaires de la tige du *Pinus silvestris*. Enfin, M. Th. Geyler, en 1867, examine le parcours des faisceaux primaires de la tige de la plupart des Abiétinées et de quelques Pinées (2).

La distribution géographique des Abiétinées et des Pinées n'a jamais été l'objet d'un travail spécial. G. Zuccarini, en 1843, dit quelques mots de la distribution géographique de quelques-unes de ces plantes. Schouw, en 1845, parle de la distribution géographique des Pinées d'Europe (3). Le professeur Hartig, en 1852, traite incidemment le même sujet (4). M. Beinling, en 1858, est le seul auteur qui se soit occupé de la distribution des genres et des espèces des Abiétinées et des Pinées (5). Si l'on joint à ces travaux une note du docteur Christ sur le *Pinus brutia*, nous aurons tout ce qui a été fait jusqu'à ce jour sur ce sujet (6). Il convient d'ajouter que dans les traités spéciaux sur les Conifères, on trouve toujours, à côté de chaque plante, les localités qu'elle habite; mais jamais dans ces livres, pas plus que dans les traités de géographie botanique, il n'est fait de rapprochement entre les affinités organiques des espèces et leur distribution géographique.

Structure de la tige. — Faisceaux. — Chaque faisceau primaire de la tige se compose de trachées, de quelques tubes grêles, à ponctuations simples, étroites, qui parfois rappellent les stries scalariformes ; de fibres ligneuses dont les parois radiales sont couvertes de ponctuations aréolées, *ouvertes seulement dans les tiges très-âgées*. Le parenchyme ligneux n'est représenté que par quelques cellules chez les Abiétinées proprement

(1) Th. Lestiboudois, *Ann. des sc. nat.*, 3e série, 1848, t. X.

(2) *Loc. cit.*

(3) Schouw, *les Conifères d'Italie* (*Ann. des sc. nat.*, 3e série, II).

(4) *Loc. cit.*

(5) *Loc. cit.*

(6) *Beitr. zur Kenntniss südeuropaischer Pinusarten* (*Flora*, 1863, n° 24), par le docteur Christ, de Basel.

dites (*Abies, Picea, Cedrus, Larix*); au contraire, dans les *Pinus*, on en rencontre toujours une assez grande quantité. De plus, on trouve une glande résinifère dans le bois primaire de chacun des jeunes faisceaux des *Pinus*, excepté, toutefois, chez les espèces de la section des *Strobus*, tandis que chez les Abiétinées jamais on ne trouve de glandes dans cette région du faisceau (fig. 1, 2, pl. 7). Je reviendrai dans la suite sur la structure et le mode de formation de ces glandes.

Le bois secondaire est formé de fibres ligneuses dont les parois radiales sont couvertes de ponctuations aréolées; *ces ponctuations ne sont perforées réellement que lorsque les fibres ligneuses sont déjà très-âgées*. Les fibres formées au printemps ont des parois minces; celles qui sont produites à la fin de l'année ont des parois plus épaisses; très-souvent, on rencontre au milieu de ces éléments quelques cellules de parenchyme ligneux, et tandis que chez les *Tsuga* jamais on ne rencontre de glandes dans le bois secondaire de la tige, chez les *Pseudotsuga*, les *Picea* proprement dits, les *Abies*, les *Larix*, les *Cedrus*, les *Pinus*, on en trouve presque toujours. Toutefois, à l'exception du dernier genre, les glandes résinifères du bois secondaire de ces plantes peuvent manquer (1).

Dans un faisceau primaire encore très-jeune, on trouve, après le bois secondaire, une zone cambiale, un peu de liber secondaire et du liber primaire; ce dernier tissu est composé de cellules lisses, allongées, à parois minces. Le liber secondaire jeune se compose de cellules parenchymateuses et de fibres lisses qui représentent morphologiquement les cellules grillagées.

Un peu plus tard, nous voyons que des cellules cambiales, les unes, en se cloisonnant horizontalement, donnent du parenchyme libérien, les autres se couvrent de ponctuations grilla-

(1) M. Dippel, dans son mémoire sur les glandes résinifères du bois secondaire de la tige d'*Abies pectinata*, reproche très-amèrement à Mohl et à Schacht d'avoir nié l'existence de ces organes; chacun de ces auteurs avait raison de son côté. En effet, on rencontre le plus souvent des glandes dans le bois secondaire des tiges âgées d'*Abies pectinata*, mais dans beaucoup de cas aussi il n'y a pas de trace de ces organes. (*Bot. Zeit.*, 1863.)

gées. En général, il se produit plusieurs couches de cellules grillagées entre deux couches successives de parenchyme libérien, mais le nombre de ces couches varie beaucoup d'une place à l'autre ; il n'y a jamais, dans les genres dont nous nous occupons en ce moment, de fibres libériennes épaissies.

Par suite du développement des cellules du parenchyme libérien, cela a lieu de très-bonne heure chez les *Pinus ;* cela ne se produit que très-tard ou même jamais chez les Abiétinées proprement dites (fig. 5, pl. 7) : les cellules grillagées sont comprimées fortement, et cessent bientôt de vivre ; bien plus, les parois transversales des cellules se soudent, et il ne reste bientôt plus trace des éléments grillagés.

Très-souvent, surtout chez les *Abies* et les *Cedrus*, certaines cellules du parenchyme libérien se sclérifient ; plusieurs de ces éléments se soudent entre eux, et forment ainsi un noyau dur résistant, brunâtre. — D'autres fois il se dépose *dans* les cellules de gros cristaux d'oxalate de chaux (fig. 5, pl. 7) (1).

Dans les genres *Pinus* et *Larix* on voit souvent se former des glandes résinifères au milieu du liber secondaire. Chez le *Larix*, par exemple, nous voyons plusieurs cellules voisines se gonfler et amincir leurs parois ; puis les membranes communes se dédoublent et la glande est formée ; les cellules glandulaires sécrètent de la résine. Ce mode de formation des glandes résinifères n'est autre que celui que j'ai déjà exposé en parlant de ces organes dans la racine de *Welwitschia* (2). Toutefois nous rencontrons souvent chez les *Pinus* un autre mode de formation des glandes résinifères (fig. 3, 4, pl. 7). Certaines cellules cambiales, au lieu de se transformer, soit en fibres ligneuses, soit en éléments libériens (parenchyme ou cellules grillagées), conservent leurs parois minces, se cloisonnent horizontalement, radialement et tangentiellement, de sorte que la région de la zone

(1) Les cristaux d'oxalate de chaux se trouvent dans l'intérieur même des cellules chez les *Abies*, *Picea*, *Larix*, *Cedrus* et *Pinus ;* ce caractère permet de différencier facilement le liber de ces plantes de celui des autres Conifères. Ces cristaux se forment plusieurs à la fois dans les cellules du parenchyme libérien.

(2) La formation des glandes résinifères du bois secondaire de la tige d'*Abies pectinata* se fait de la même manière. (Voyez Dippel.)

cambiale qui traverse un pareil système produit des éléments semblables à ceux que je viens de décrire, puis toutes ces cellules sécrètent de la résine. Les éléments ligneux ou libériens qui entourent cette région prennent leurs caractères normaux, et bientôt il semble que l'on ait affaire à deux glandes distinctes, l'une libérienne, l'autre ligneuse, communiquant entre elles par une lame verticale de tissu glandulaire; en général, cette lame verticale coïncide avec un rayon médullaire secondaire. Ce phénomène s'observe très-nettement chez les *Pinus Strobus*, *P. Cembra*, *P. Pseudostrobus*, *P. Pinea*. Plusieurs espèces de la section des *Pinaster* ne le présentent pas (*P. Pinaster*, *P. Laricio*, *P. pyrenaica*) (1).

Tissu fondamental et système tégumentaire. — La moelle jeune se compose toujours de cellules arrondies ou polyédriques, à parois minces, lisses. Les cellules voisines des faisceaux sont plus petites que les cellules du centre. A un âge plus avancé, les parois des cellules de la moelle s'épaississent un peu, se couvrent de ponctuations simples très-petites. Chez les *Picea* proprement dits et les *Cedrus* (2), très-souvent certaines cellules de la moelle se sclérifient et forment des sortes de cloisons solides qui divisent en plusieurs parties le cylindre médullaire. Jamais il n'y a de glande résinifère dans la moelle.

Les rayons médullaires secondaires se composent de cellules presque cubiques, à parois épaisses dans leur partie ligneuse, à parois minces dans la région libérienne. Ces cellules des rayons médullaires, en se déformant, prennent tout à fait l'aspect de cellules du parenchyme libérien, surtout chez les *Pinus*. Souvent, dans ces plantes, les rayons médullaires secon-

(1) Voyez la formation des glandes résinifères du liber secondaire des Cupressinées.

(2) On trouve des sclérites semblables dans l'écorce primaire des plantes malades ou végétant mal. Elles ont été signalées par M. Otto Buch, *Ueber Sklerenschymzellen*, Breslau, 1870, in-8 (*a*).

(*a*) Voy. aussi H. Schacht, *Lehrbuch*. Berlin, 1856. — Jos. Böhm, *Sind die Bastfasern Zellen oder Zellfusionen?* (*Sitz. d. k. Akad. d. Wissensch.* Bd. III).

daires ne sont que des nappes verticales de tissu glandulaire qui réunissent deux glandes résinifères situées, l'une dans le bois secondaire, l'autre dans le liber secondaire d'un même faisceau. Cette nappe verticale de tissu glandulaire présente un point d'accroissement intercalaire dans la zone cambiale secondaire.

L'écorce primaire se compose d'une couche plus ou moins épaisse de parenchyme, dont les cellules arrondies, à parois minces, sont gorgées de chlorophylle. Tantôt, comme chez les *Tsuga*, les *Pseudotsuga*, les *Abies* et les *Pinus*, il ne se forme pas d'hypoderme; tantôt, au contraire, comme chez les *Picea* proprement dits, les *Cedrus*, les *Larix*, la couche du parenchyme herbacé qui se trouve en contact avec l'épiderme se transforme en hypoderme. Chez les *Tsuga*, il n'y a pas de glandes résinifères dans l'écorce primaire; dans les autres Abiétinées, au contraire, il y en a toujours dans cette partie de la tige. Ces glandes ne communiquent jamais avec celles des feuilles, chez les *Pseudotsuga*, les *Picea* proprement dits, les *Abies*, les *Cedrus* et les *Larix;* tandis que chez les *Pinus*, les feuilles fasciculées ont leurs glandes résinifères qui ne sont que les terminaisons des glandes du parenchyme herbacé de la tige. Dans les Pinées, de même que chez les Abiétinées proprement dites, les feuilles simples ont des glandes résinifères qui ne communiquent pas avec celles de la tige.

Le système tégumentaire est formé d'une seule couche de cellules épidermiques, lisses chez les *Pinus*, les *Abies*, les *Picea* proprement dits, très-souvent prolongées en forme de poils chez les *Tsuga*, *Pseudotsuga*, *Cedrus* et *Larix*.

Décortication et subérification. — Suivant les genres et même suivant les sections de chaque genre, nous trouvons quelques différences dans les phénomènes de subérification et de décortication des tiges. Dans les *Tsuga* et les *Pinus*, nous voyons se former une lame de phellogène entre le parenchyme herbacé et l'épiderme; cette lame de phellogène engendre une lame de liége primaire et la tige est entourée d'une couche de périderme.

Chez les *Picea* proprement dits, les *Cèdres*, les *Larix*, la première lame de phellogène qui se forme apparaît entre l'hypoderme et le parenchyme herbacé.

Cependant, dans les *Pinus*, les *Cedrus*, les *Larix*, les *Picea* et les *Tsuga*, le mode de formation du liége secondaire et les rapports de ce tissu avec les tissus voisins sont les mêmes : en effet, des arcs de phellogène apparaissent dans le liber secondaire ; ils détachent des lentilles de rhytidome, qui restent fixées à la tige pendant un temps souvent très-long.

Dans les *Pseudotsuga* et dans les *Abies*, nous observons quelque chose d'analogue à ce que nous avons vu en étudiant l'écorce de la racine de *Welwitschia*. Sous l'épiderme, nous voyons apparaître une lame de phellogène qui, se divisant tangentiellement en avant et en arrière, engendre, d'une part une épaisse lame de liége, d'autre part du suber herbacé ; toutefois la première lame de phellogène n'engendre qu'une très-petite couche de suber herbacé. Des arcs de phellogène secondaire se produisent et détachent des lentilles du tissu fondamental ; mais en se divisant tangentiellement en avant et en arrière comme la première lame de phellogène, ils engendrent une seconde écorce primaire et du liége secondaire. Bientôt quelques-unes des cellules de cette seconde écorce primaire se sclérifient, en même temps il se forme des glandes résinifères dans ce tissu (1).

1er cas. — *Abiétinées* proprement dites.

Structure des feuilles. — Chaque feuille reçoit un seul faisceau primaire qui reste tantôt indivis, comme chez les *Tsuga*, les *Pseudotsuga*, les *Larix*, tantôt divisé en deux, comme chez les *Abies*. Chez les vrais *Picea* ainsi que dans les *Cedrus*, nous avons une disposition intermédiaire entre les deux formes précédentes, car le rayon médullaire médian est souvent assez considérable pour faire admettre l'existence de deux branches

(1) Ces glandes se forment comme celles du tissu fondamental de la racine de *Welwitschia*.

bien séparées d'un même faisceau; parfois, au contraire, le faisceau est indivis.

Chaque faisceau présente la même structure que les jeunes faisceaux primaires de la tige.

Il est entouré d'une gaîne de courtes cellules cubiques, dont les parois sont lisses et généralement assez épaisses. Vers la base de la feuille, cette gaîne disparaît. Entre sa gaîne et le faisceau, nous trouvons une masse de cellules courtes, cubiques, dont les parois sont couvertes de *ponctuations aréolées*, d'où le nom de *tissu aréolé* que l'on donne souvent à ce tissu. Le tissu aréolé n'est qu'une forme particulière du *tissu réticulé* des *Podocarpus* et des *Taxus*, et non pas, comme l'a donné à entendre Hugo von Mohl, une forme du *tissu de transfusion* des *Podocarpus* (1).

Le tissu fondamental est nettement différencié en parenchyme en palissade et en parenchyme rameux chez les *Tsuga*, les *Pseudotsuga*, ainsi que dans les *Picea*, tels que *P. ajanensis*, les *Abies*, les feuilles des longues pousses du *Cedrus Deodara* et des *Larix*. Dans la majorité des *Picea* proprement dits et des *Cedrus*, les cellules du tissu fondamental forment des sortes de colonnes qui s'appuient, d'une part sur la gaîne, d'autre part contre l'hypoderme; par suite, ce tissu n'est pas différencié en parenchyme en palissade et en parenchyme rameux.

Suivant les espèces et suivant les genres, on trouve des variations dans le développement de la couche hypodermique des feuilles.

L'épiderme est toujours formé d'une seule couche de cellules épidermiques.

Les glandes résinifères sont nettement indiquées dès le point de végétation.

(1) *Bot. Zeit.*, 1871, nos 1 et 2.

2e cas. — *Pinées.*

I. *Feuilles simples.* — Chaque feuille simple reçoit un seul faisceau primaire qui reste toujours indivis dans son parcours à travers le limbe. La structure des faisceaux des feuilles simples est la même que celle des faisceaux des feuilles des *Abies* et des genres voisins. Le parenchyme fondamental est mal différencié ; sa couche sous-épidermique n'est transformée en hypoderme que dans les feuilles écailleuses d'une certaine épaisseur. L'épiderme est formé d'une seule couche de cellules épidermiques courtes, cubiques, lisses, dont les couches cuticulaires sont extrêmement développées. Dans les feuilles écailleuses, la cuticule et les couches cuticulaires des cellules de l'épiderme extérieur ont plusieurs dixièmes de millimètre d'épaisseur (fig. 1, pl. 9).

Nous trouvons toujours deux glandes résinifères closes qui ne communiquent pas avec celles du parenchyme herbacé de la tige, de chaque côté de la nervure, sur les bords de la feuille, et collées à la face inférieure de la feuille (1).

II. *Feuilles fasciculées.* — *a.* Dans les *Pinus* des sections *Strobus*, *Cembra*, chaque feuille ne reçoit qu'un seul faisceau primaire qui reste indivis. La structure de ces faisceaux est la même

(1) Dans le jeune âge, les rameaux des Pinées ne portent que des feuilles solitaires. Ces feuilles sont sessiles, minces ; leurs bords sont couverts de petites dents très-fines qui toutes regardent le sommet de la feuille. Ces feuilles simples des Pinées ont la plus grande ressemblance avec les feuilles du *Cunninghamia sinensis*. A un âge avancé, les pousses terminales portent encore des feuilles solitaires, mais elles sont écailleuses. Dans l'aisselle de chacune d'elles apparaît un rameau qui restera très-court. Les premières feuilles de ces rameaux sont solitaires, écailleuses, sèches, et forment une *gaîne* à la partie inférieure du rameau. Les dernières feuilles du rameau seules se développent au nombre de 2, 3 ou 5. Lorsqu'il y a plus de deux feuilles dans une gaîne, les feuilles sont triangulaires, et toujours il y a des stomates sur les faces de l'angle supérieur de la feuille. Lorsqu'il n'y a que deux feuilles, la forme de leur section transversale rappelle celle du pétiole du *Salisburia*. Toujours il y a des stomates sur les deux faces de la feuille. Les stomates sont disposés en files, mais ces files ne sont jamais groupées en bandelette chez les Pinées. On donne en général le nom de *feuilles fasciculées* à ces feuilles terminales des courtes pousses ; on les désigne quelquefois aussi sous le nom de *feuilles engaînées*.

que celle des jeunes faisceaux primaires de la tige, à cela près pourtant qu'on ne trouve pas de glandes résinifères dans le bois primaire de ces faisceaux. Chaque faisceau est entouré d'une certaine quantité de tissu aréolé qui disparaît vers la base de la feuille. Autour du tissu aréolé règne une gaîne bien caractérisée de cellules cubiques, courtes, souvent épaissies d'un seul côté (celui qui touche le parenchyme). Le parenchyme est formé de cellules volumineuses, dont la membrane forme de grands replis qui s'avancent dans l'intérieur de la cellule, et donnent à ce tissu un aspect particulier (fig. 2, pl. 9). Ce parenchyme fondamental n'est pas différencié en parenchyme en palissade et en parenchyme rameux. Les couches du parenchyme fondamental qui sont sous l'épiderme, sont très-étroites, très-allongées. Le plus souvent celles de ces cellules qui sont en contact avec l'épiderme n'épaississent pas leurs parois, tandis que les cellules situées plus profondément prennent l'aspect de fibres hypodermiques épaissies. On observe quelques différences dans le développement des cellules hypodermiques des diverses espèces; l'épiderme se compose de cellules courtes, rarement allongées à la manière des cellules épidermiques des *Torreya*, dont les parois sont tellement épaisses, que la cavité de la plupart de ces cellules a complétement disparu; la cuticule et les couches cuticulaires sont extrêmement développées.

Chez les *Strobus* et les *Cembra*, on trouve toujours trois glandes résinifères dans le parenchyme fondamental des feuilles fasciculées. Ces trois glandes sont presque marginales; elles sont placées chacune à l'un des angles de la feuille, qui est triangulaire. Ces glandes sont accolées à l'hypoderme; souvent même elles sont complétement entourées de fibres hypodermiques (fig. 9, 10, pl. 9).

b. Dans les *Pinus* de la section des *Pseudostrobus*, chaque feuille reçoit un seul faisceau primaire qui reste indivis, mais les glandes résinifères de la feuille sont accolées à la gaîne.

c. Dans les *Pinus* des sections *Tæda*, *Pinea*, chaque feuille reçoit encore un seul faisceau primaire, mais celui-ci se divise

en deux groupes bien séparés; toutefois il n'y a qu'une seule gaîne pour les deux groupes (fig. 3, pl. 9). La structure de ces faisceaux primaires est la même que celle des faisceaux primaires de la tige, moins toutefois les glandes résinifères.

III. *Aiguille du* Pinus monophylla. — Ainsi que son nom l'indique, le *Pinus monophylla* n'a qu'une seule feuille dans chacune de ses gaînes foliaires (1).

Chacune des aiguilles vertes de *Pinus monophylla* se compose d'un système de faisceaux primaires réunis en un large faisceau dont les trachées sont tournées vers l'axe de la tige.

La structure de ces faisceaux primaires ne diffère de la structure des faisceaux de la tige que par l'absence de glande résinifère dans le bois primaire. Autour de ce faisceau se trouve une masse considérable de tissu aréolé ; une gaîne protectrice entoure ce tissu. Cette gaîne disparaît vers le bas de la feuille ; en même temps le tissu aréolé perd ses caractères, et se confond avec le parenchyme fondamental (fig. 5, pl. 9).

Le parenchyme fondamental est composé de cellules volumineuses, dont les membranes offrent de larges plissements caractéristiques. Vers la base de la feuille, ce parenchyme perd ses caractères. Le parenchyme fondamental n'est pas différencié en parenchyme en palissade et en parenchyme rameux. Les cellules du parenchyme fondamental, voisines de l'épiderme, se transforment en fibres hypodermiques ; celles qui sont sous l'épiderme ont toujours leurs parois minces (2).

(1) Dans le *P. monophylla* on trouve à l'aisselle d'une feuille simple, écailleuse, née sur un axe primaire, un très-court rameau dont les feuilles inférieures sont petites, écailleuses, minces, membraneuses ; il se renfle un peu, forme l'*apophyse*, et porte dans la plante qui nous occupe une longue aiguille cylindrique qui se termine par une pointe très-aiguë. Dans les autres *Pinus*, au contraire, sur l'apophyse il y a de 2 à 5 feuilles. Quelle est donc la nature morphologique de l'aiguille de *Pinus monophylla ?*

(2) On trouve deux glandes résinifères dans le parenchyme au-dessous du faisceau central ; à droite et à gauche de ce faisceau, elles sont accolées à l'hypoderme, elles sont entourées de fibres sous-épidermiques, et pénètrent dans le parenchyme herbacé de la tige.

L'épiderme est composé de cellules allongées comme chez les *Torreya*, et de cellules cubiques, courtes, dans les régions où se trouvent les stomates.

Les feuilles de tous les *Pinus* ont les stomates disposés en files parallèles à la nervure ; ces files ne sont jamais groupées en bandelette. Chaque stomate se compose de deux cellules réniformes, encastrées à la face inférieure de quatre cellules épidermiques ; celles-ci sont enfoncées sous un certain nombre d'autres cellules épidermiques. Ces dernières ont une cuticule, et des couches cuticulaires excessivement épaisses sur les bords de l'antichambre.

Parcours des faisceaux.— La spirale, qui passe par les points d'insertion de toutes les feuilles, a comme cycle, chez les Abiétinées et chez les Pinées, 5/13, 8/21, 13/34 ou 21/55, et, de plus, il y a toujours *hétérodromie* entre deux rameaux successifs. Très-souvent le cycle change quand on passe d'un rameau à l'autre ; c'est ainsi que, dans le *Picea ajanensis* par exemple, on passe du cycle 5/13 au cycle 21/55, et *vice versâ*.

Le parcours des faisceaux chez les Abiétinées est le même chez les *Taxus*. La longueur des faisceaux est la seule différence.

Chez les *Abies*, les *Picea*, tous les rameaux d'une même année ont à peu près la même longueur ; ces plantes n'ont que des pousses longues. L'arrangement des feuilles sur ces rameaux est en général 5/13 chez les *Tsuga*, 13/34 chez les *Abies*, les *Picea* et les *Pseudotsuga*.

Les *Cedrus* et les *Larix* offrent des rameaux de deux sortes : les pousses terminales, longues, sur lesquelles les feuilles, largement espacées, sont arrangées dans l'ordre 5/13 ou 8/21, et les pousses latérales, nées dans l'aisselle des feuilles des pousses terminales. Ces pousses latérales restent courtes, du moins pendant les premières années ; les feuilles nombreuses, très-serrées sur ces dernières pousses, ont pour cycle 21/55 ou 13/34.

Chez les *Pinus*, les longues pousses terminales portent des

feuilles simples, dont le cycle est 13/34 ; dans l'aisselle de chacune de ces feuilles apparaissent de courtes pousses sur lesquelles les feuilles sont disposées suivant l'ordre spiral 5/13.

II. — A. 7. — PICEA Link.

Le genre *Picea* peut se subdiviser en trois sous-genres, qui présentent entre eux des différences anatomiques assez notables :

1° Les *Picea.*
2° Les *Pseudotsuga.*
3° Les *Tsuga.*

Premier sous-genre. — PICEA.

Syn. : ABIES Loudon ; ABIES sect. PICEA Spach ; PINUS sect. PICEA Endl.

Distribution géographique. — Les espèces du genre *Picea* habitent la région de l'hémisphère nord comprise entre le 40° et le 65° degré de latitude.

Caractères anatomiques des feuilles du Picea (1). — Suivant les espèces, le faisceau primaire unique qui constitue la nervure est indivis, ou au contraire divisé en deux branches : ce dernier cas est de beaucoup le moins fréquent. Le tissu fondamental de la feuille n'est pas différencié en parenchyme en palissade et en parenchyme rameux ; presque toujours les cellules du tissu fondamental en contact avec l'épiderme se transforment en fibres hypodermiques. En général, on trouve deux glandes résinifères dans chaque feuille, une à droite, une à gauche de

(1) Les feuilles des *Picea* sont persistantes, tétragones, sessiles ; elles reposent sur de volumineux coussinets (pl. 7, fig. 12) ; elles ne portent pas de bandelette sur leur face inférieure, et sont toujours mucronées. Tous les rameaux des *Picea* se développent de la même manière. Les feuilles des *Picea*, comme celles des *Cedrus* et des *Larix*, ne sont pas couchées sur les rameaux.

la nervure; elles sont accolées à l'épiderme de la face inférieure. Les stomates, disposés en files, se trouvent sur les deux faces de la feuille, et, à l'exception du *P. ajanensis*, dont la face inférieure de la feuille en est absolument dépourvue, les stomates forment quatre groupes, dont deux à la face supérieure de la feuille, et deux à la face inférieure ; ils sont toujours beaucoup plus nombreux sur la face supérieure que sur l'inférieure.

L'épiderme est formé d'une seule couche de cellules épidermiques, dont la structure est la même que celle des cellules épidermiques des *Abies* (1).

Structure des écailles (pl. 8, fig. 19). — L'écaille se compose d'une couche de cellules épidermiques. Les cellules de l'épiderme externe ont leurs parois externes extrêmement épaissies, canaliculées. La cuticule et les couches cuticulaires de ces cellules sont excessivement développées. Les cellules épidermiques de la face interne sont petites et leurs parois sont minces. Sous l'épiderme, nous trouvons çà et là quelques fibres hypodermiques et une masse de parenchyme non différencié. Ce parenchyme présente deux glandes résinifères placées à droite et à gauche de la ligne médiane. Très-rarement on trouve dans ce parenchyme un faisceau extrêmement grêle.

Tableau synoptique des caractères anatomiques des espèces du genre Picea (*sous-genre* Picea).

Feuilles aplaties.		Pas de stomates sur la face inférieure de la feuille, deux glandes résinifères	*P. ajanensis.*
		Des stomates sur la face inférieure de la feuille, souvent pas de glande	*P. sitchensis.*
Feuilles tétragones.	Sans glande résinifère.	4 files à la face supérieure ; 2 files à la face inférieure	*P. nigra.*
		10 files à la face supérieure ; 6 files à la face inférieure	*P. alba.*
	Une seule glande développée		*P. excelsa.*
	Deux glandes résinifères.	8 files à la face supérieure ; 6 files à la face inférieure ; feuilles longues, étroites	*P. Khutrow.*
		12 files à la face supérieure ; 10 files à la face inférieure ; feuilles courtes, larges	*P. polita.*

(1) Lorsque la feuille est adulte, on voit se former à sa base une couche de cellules

Synonymie et distribution géographique des Picea.

P. ajanensis. — Ile Vancouver.

P. sitchensis Carr. — Californie. — Syn. : *P. Menziesii* Carr., *Pinus Menziesii* Dougl., *Abies Menziesii* Loud.

P. nigra (1) Link. — Canada. — Syn. : *Abies Mariana* Mill., *A. denticulata* Poir., *A. nigra* Mich., *Pinus nigra* Ait., *P. Mariana* Du Roi.

P. alba Link. — Pensylvanie. — Syn. : *Abies alba* Mich., *Abies canadensis* Mill., *Pinus canadensis* Du Roi, *P. laxa* Ehren., *P. alba* Ait., *P. glauca* Mœnch., *P. tetragona* Mœnch.

P. excelsa (2) L. — Europe centrale. — Syn. : *Pinus Abies* Linné, *P. Picea* Du Roi, *P. excelsa* Lam., *P. cinerea* Rœl., *Abies Picea* Mill., *A. excelsa* DC., *A. gigantea* Smith.

P. Khutrow Carr. — Himalaya. — Syn. : *Picea Morinda* L., *Abies Khutrow* Loud., *A. pendula* Griff., *A. Morinda* Nelson, *Pinus Smithiana* Lamb., *P. Khutrow* Royle.

P. polita Carr. — Japon. — Syn. : *Abies polita* S. Z., *P. Abies* Thunb., *P. polita* Ant.

Deuxième sous-genre. — PSEUDOTSUGA.

Syn. : Abies (auctor.) ; Tsuga Carrière (1857) ; Keteleeria Carr. (1867).

Distribution géographique. — Les *Pseudotsuga* habitent la Chine, le Tibet, le Japon et la Californie.

à parois épaisses, cubiques (pl. 8, fig. 13 *a*). Les cellules du tissu fondamental qui sont immédiatement au-dessus se sclérifient. Les cellules de l'écorce primaire qui sont au-dessous du plan sécant *a* se sclérifient aussi, mais se distinguent des précédentes par leurs dimensions exiguës.

(1) Le *Picea rubra* ne diffère pas anatomiquement du *P. nigra* Link.

(2) *P. orientalis*, *P. microsperma*, *P. japonica* S. Z., ne diffèrent pas anatomiquement du *P. excelsa* Link.

Caractères anatomiques des feuilles des Pseudotsuga (1). — Le tissu fondamental est différencié, comme chez les *Tsuga*, en parenchyme en palissade et en parenchyme rameux. Dans ce tissu fondamental, nous trouvons deux glandes résinifères placées l'une à droite, l'autre à gauche de la nervure ; elles sont voisines des bords de la feuille et accolées à l'épiderme inférieur.

L'épiderme est composé de courtes cellules cubiques, à parois souvent épaisses. La paroi externe est criblée de ponctuations simples. Les stomates sont disposés en files parallèles à la nervure ; ces files sont groupées en deux bandelettes situées à la face inférieure de la feuille, comme chez les *Tsuga*. Dans quelques espèces, on trouve quelques stomates sur la face supérieure de la feuille.

De petits amas de fibres hypodermiques s'observent sur les bords de la feuille, au-dessus et au-dessous de la nervure et sous l'épiderme supérieur.

Tableau synoptique des caractères anatomiques des espèces du sous-genre Pseudotsuga.

Des stomates sur la face supérieure.	Deux bandelettes sur la face supérieure ; de l'hypoderme entre les files de stomates ; 5 files de stomates par bandelette...........................	*P. nobilis.*
	Quelques stomates seulement dans le haut du sillon médian de la face supérieure ; pas d'hypoderme entre les stomates ; 15 files de stomates par bandelette..............................	*P. Davidiana.*
Pas de stomates sur la face supérieure.	10 files de stomates par bandelette ; quelques amas de fibres hypodermiques sous l'épiderme supérieur, entre la nervure et les bords.................	*P. jezoensis.*
	5 files de stomates par bandelette ; pas de fibres hypodermiques sous l'épiderme supérieur...........	*P. Douglasii.*

Synonymie et distribution géographique des espèces du sous-genre Pseudotsuga.

P. nobilis. — Fleuve Columbia. — Syn. : *Abies nobilis* Lindley, *Picea nobilis* Loud., *Pinus nobilis* Douglas.

P. Davidiana (2). — Tibet.

(1) Les feuilles des *Pseudotsuga* sont persistantes, sessiles, aplaties, à bords lisses ; tantôt elles sont terminées par un mucron aigu, tantôt elles ont leur extrémité bilobée. De même que chez les *Abies*, les feuilles sont insérées directement sur la tige, elles ne reposent pas sur des coussinets (pl. 7, fig. 11).

(2) Le *P. Davidiana* est une plante du Tibet dont les cônes furent envoyés en

P. jezoensis. — Syn. : *Keteleeria Fortunei* Carr., *Picea jezoensis* Carr., *Abies jezoensis* Lindl., *A. Fortunei* Murray.

P. Douglasii Carr. — Fleuve Columbia. — Syn. : *Tsuga Douglasii* Carr., 1857, *Abies Douglasii* Lindl., *Pinus taxifolia* Lamb., *P. Douglasii* Sab.

Les *P. nobilis*, *P. Douglasii*, ont entre eux de très-grandes ressemblances. Il en est de même de *P. Davidiana* et de *P. jezoensis*. D'un autre côté, les plantes américaines sont très-différentes anatomiquement des *Pseudotsuga* asiatiques. Par conséquent, les espèces qui présentent la même structure anatomique vivant dans une même contrée, il y a concordance entre la classification naturelle des espèces et leur distribution géographique.

Troisième sous-genre. — TSUGA.

Syn. : Abies (Par.).

Distribution géographique. — Les espèces du genre *Tsuga* habitent la Chine orientale, le Japon, la Californie et le sud-ouest du Canada.

Caractères anatomiques des feuilles des Tsuga (1). — La nervure se compose d'un seul faisceau primaire qui reste toujours indivis. Sous la nervure, nous trouvons chez tous les *Tsuga* une

Europe par M. l'abbé David en décembre 1871. En voici les caractères : « Strobili » (coni) pedunculati cylindracei, 15-17 centim. longi., 5 circiter in diametro (*a*); squamæ » basi subcuneatæ breviter stipitatæ, 3 centim. longæ, laxæ, ovatæ, obtusæ, margine » eroso-denticulatæ, coriaceæ, apice parum reflexæ, extrorsum sericeo-pulverulentæ, » introrsum linea subvelutina, subprominente longitrorsum notatæ, fuscæ. Semina » ovata, lenia, in alam dimidiatam, cultriformen, pallidam, subnitidam expansa, strobili squamis æquilongam, ima basi semen semi-involventem. »

(1) Les feuilles sont persistantes, plates, sessiles; leurs bords sont lisses, excepté chez le *T. canadensis*. Chaque feuille est portée par un coussinet très-accentué, surtout dans le jeune âge (pl. 7, fig. 10). La face inférieure de la feuille porte toujours deux bandelettes de stomates. Les feuilles sont couchées sur les rameaux, comme chez les *Pseudotsuga*.

(*a*) « Bracteolæ squamis breviores, subabsconditæ, fuscæ inferne, membranaceæ superne, in laminam » eroso-denticulatam medio apiculatam expansæ, 2 centim. longæ. »

grosse glande résinifère qui ne pénètre pas dans la tige (fig. 1, 2, pl. 8). Le tissu fondamental est composé de cellules à parois minces, lisses, différencié en parenchyme en palissade et en parenchyme rameux.

La feuille est revêtue d'une couche d'épiderme d'un seul rang de cellules; celles qui ne sont pas dans les bandelettes sont lisses, un peu allongées (fig. 3, pl. 8), et leurs parois sont peu épaisses. Les cellules épidermiques des bandelettes sont courtes, lisses, presque cubiques. A l'exception du *T. Hookeriana*, qui a des stomates sur les deux faces de la feuille, les stomates sont disposés en files parallèles à la nervure; ces files sont groupés en bandelettes, et les bandelettes, au nombre de deux sur chaque feuille, sont placées à la face inférieure de cet organe, de chaque côté de la nervure (fig. 1, 2, pl. 8).

L'hypoderme n'est représenté que par quelques fibres à parois peu épaisses, courtes, parallèles à la nervure, situées sur les bords de la feuille.

Structure de l'écaille. — Les écailles ne sont que des feuilles très-peu modifiées; en effet, nous trouvons dans ces organes un faisceau primaire réduit à quelques cellules ligneuses accompagnées d'un petit nombre de trachées, et de cellules cambiales. lisses, représentant le liber. Sous chaque faisceau. on remarque une glande résinifère; il n'y a pas trace de gaîne protectrice du faisceau, ni de tissu aréolé.

Autour du faisceau et de la glande, on trouve un parenchyme dont les cellules sont lisses; ce tissu n'est pas différencié. L'épiderme se compose de cellules qui ressemblent à celles de l'épiderme supérieur des feuilles; les parois des cellules de l'épiderme extérieur sont plus épaisses que celles de l'épiderme intérieur.

Il n'y a pas de fibres hypodermiques dans ces écailles.

Tableau synoptique des caractères anatomiques des espèces du sous-genre Tsuga.

Des stomates sur la face supérieure de la feuille. Bords lisses. Pas d'hypoderme			*P. Hookeriana.*
Pas de stomates sur la face supérieure de la feuille.	Bords de la feuille mamelonnés; de l'hypoderme.		*P. canadensis.*
	Bords lisses.	Pas d'hypoderme	*P. Brunoniana.*
		De l'hypoderme	*P. Sieboldii.*

Synonymie et distribution géographique des espèces du sous-genre Tsuga.

P. (*Tsuga*) *Hookeriana* Carr. — Californie du Nord. — Syn. : *Abies Pattoni* Jeff., *A. Hookerii* Hort., *A. Williamsonii* Newberry.

P. (*Tsuga*) *canadensis* (1) Link. — Montagnes Rocheuses. — Syn. : *Abies canadensis* Mich., *Pinus americana* Du Roi, *P. canadensis* Linn.

P. (*Tsuga*) *Brunoniana* Wall. — Chine méridionale. — Syn. : *Abies dumosa* Loud., *A. cedroides* Griff., *Micropeuce Brunoniana* Spach, *P. decidua* Wall.

P. (*Tsuga*) *Sieboldii* Carr. — Japon. — Syn. : *Pinus Tsuga* Ant.

II. — A. 8. LARIX Link.

Syn. : Laricis spec. Tourn.; Pinus sect. Larix Endl.

Distribution géographique. — Les espèces du genre *Larix* habitent les régions de l'hémisphère nord comprises entre le 40e et le 60e degré de latitude.

Caractères anatomiques des feuilles des Larix (2). — La nervure est formée d'un seul faisceau primaire indivis; très-souvent les cellules du tissu aréolé qui entourent les faisceaux sont sclérifiées ou transformées en fibres pseudolibériennes (fig. 16, pl. 8). Le tissu fondamental est différencié en parenchyme en palissade et en parenchyme rameux (fig. 17, pl. 8). Les cellules du tissu

(1) Le *T. Mertensiana* ne diffère pas anatomiquement du *T. canadensis*.

(2) Les feuilles des *Larix* sont caduques, sessiles, aplaties, étroites, molles; de même que celles des Cèdres, elles reposent sur de volumineux coussinets; elles portent toujours deux petites bandelettes sur la face inférieure, symétriquement disposées par rapport à la nervure. Les feuilles peuvent se diviser en feuilles longues et en feuilles courtes; les premières naissent sur les pousses longues, les autres naissent sur les pousses courtes.

fondamental voisines des bords de la feuille ou qui sont au contact de l'épiderme au-dessus et au-dessous du faisceau sont transformées en fibres hypodermiques. On trouve dans chaque feuille deux glandes très-petites qui sont entre les cellules hypodermiques du bord de la feuille et les cellules épidermiques (*a*, fig. 18, pl. 8).

L'épiderme des feuilles des *Larix* est semblable à celui des feuilles des *Tsuga;* les stomates des *Larix* ont aussi la même structure que les stomates des *Tsuga*. Chez les *L. Lyallii*, *L. americana*, on trouve quelques files de stomates sur la face supérieure de la feuille, tandis que chez tous les autres les stomates, disposés en files, forment sur la face inférieure de la feuille deux petites bandelettes.

Tableau synoptique des caractères anatomiques des espèces du genre Larix.

La face supérieure porte des stomates.	De l'hypoderme	*L. Lyallii.*
	Pas d'hypoderme	*L. americana.*
La face supérieure ne porte pas de stomates.	De l'hypoderme. 4 files de stomates par bandelette	*L. europæa.*
	Pas d'hypoderme. 9 files de stomates par bandelette	*L. Kæmpferi.*

Synonymie et distribution géographique des espèces du genre Larix.

L. Lyallii Parl. — Montagnes Rocheuses.

L. americana Mich. — Canada. — Syn. : *Pinus intermedia* Du Roi, *P. microcarpa* Lamb., *Larix microcarpa* Forb., *L. Fraseri* Curt., *L. tenuifolia* Salisb., *Abies microcarpa* Lindl.

L. europæa DC. (1). — Europe centrale. — Syn. : *L. decidua* Mill., *L. pyramidalis* Salisb., *L. excelsa* Link, *L. vulgaris* Spach, *Pinus Larix* L., *Abies Larix* Lamb.

L. Kæmpferi Fort. — Japon. — Syn. : *Abies Kæmpferi* Lindl., *Pinus Kæmpferi* Lamb., *Larix amabilis* Nelson, *Pseudolarix Kæmpferi* Gord.

(1) Les *Larix leptolepis*, *L. sibirica*, *L. dahurica*, ne diffèrent pas anatomiquement du *Larix europæa*.

Dans les Mélèzes, comme dans les autres genres des Abiétinées proprement dites, nous voyons que les espèces qui sont les plus voisines au point de vue de leur structure anatomique sont aussi les plus voisines géographiquement. Là aussi nous trouvons un parallélisme entre la flore de l'Amérique du Nord et la flore de l'Asie.

II. — A. 9. CEDRUS Link.

Syn. : Laricis spec. Tournefort ; Pinus sect. Cedrus Endlich.

Distribution géographique. — Le genre *Cedrus* contient trois espèces : *C. atlantica*, Atlas, *C. Libani*, Asie Mineure, *C. Deodara*, Himalaya.

Caractères anatomiques des feuilles des Cèdres (1). — La nervure est formée par un seul faisceau primaire indivis, dont le rayon médullaire médian est très-volumineux. Le tissu fondamental n'est pas différencié ; toutefois toutes les cellules qui sont en contact avec l'épiderme sont transformées en hypoderme. L'épiderme est formé de cellules courtes cubiques, qui présentent exactement la même structure que celle de l'épiderme des *Pseudotsuga*. Les stomates sont disposés en files parallèles à la nervure ; ces files sont groupées au nombre de deux ou trois sur chacune des deux parties de la face supérieure ; on trouve de deux à six files sur la face inférieure de la feuille.

On observe toujours deux glandes résinifères situées à droite et à gauche de la nervure, près des bords de la feuille et accolées à l'épiderme inférieur (fig. 15, pl. 8) (2).

(1) Les feuilles sont triangulaires, sessiles ; elles reposent sur des coussinets volumineux (pl. 7, fig. 14) ; elles ne portent pas de bandelettes ; les feuilles sont toujours terminées par un mucron aigu. Les feuilles sont longues ou courtes. Les feuilles longues naissent sur de longues pousses et elles sont largement espacées. Les feuilles courtes naissent sur les pousses latérales, qui restent courtes (du moins pendant les premières années).

(2) La structure de l'écaille des *Cedrus* est la même que celle des écailles des *Picea*.

Tableau synoptique des caractères anatomiques des espèces du genre Cedrus.

Pas de stomates sur la face inférieure de la feuille ; feuille triangulaire.		*C. atlantica.*
Des stomates sur la face inférieure de la feuille.	Feuille triangulaire. 4 files de stomates sur la face supérieure ; 2 files de stomates sur la face inférieure	*C. Libani.*
	Feuille subtétragone. 8-12 files de stomates sur la face supérieure ; 4-6 files de stomates sur la face inférieure	*C. Deodara.*

Synonymie des espèces du genre Cedrus.

C. atlantica Manetti. — Montagnes de l'Atlas. — Syn. : *C. africana* Gord., *C. argentea* Loud., *C. elegans* Knight, *Abies atlantica* Lindl., *Pinus atlantica* Endl.

C. Libani Barrelier. — Mont Liban. — Syn. : *C. Phœnicæ* Renealm, *Pinus Cedrus* L., *Larix Cedrus* Mill., *L. patula* Salisb., *Abies Cedrus* Poir.

C. Deodara Loudon. — Himalaya. — Syn. : *Cedrus indi a* De Chambr., *Pinus Deodara* Roxb., *Abies Deodara* Lindl.

Dans le genre *Cedrus*, comme dans les groupes *Picea* et *Abies*, nous trouvons encore de remarquables coïncidences entre la classification naturelle des espèces et leur distribution géographique. Ainsi le *C. Libani*, intermédiaire entre *C. atlantica* et *C. Deodara* comme structure anatomique, l'est aussi comme distribution géographique.

II. — A. 10. ABIES Link.

Syn. : Picea Don ; Abies sect. Picea et Peuce Spach.

Distribution géographique. — Les *Abies* habitent toute la région de l'hémisphère nord comprise entre 35° et 55° de latitude.

Caractères anatomiques des feuilles des Abies (1). — La ner-

(1) Les feuilles des *Abies* sont persistantes, sessiles, aplaties, à bords lisses. Ces feuilles sont directement insérées sur la tige (pl. 7, fig. 13) ; elles laissent après leur chute de petites cicatrices circulaires. A l'exception d'*A. Pinsapo*, les feuilles des *Abies* sont couchées sur les rameaux.

Tableau synoptique des caracteres anatomiques des espèces du genre Abies.

PREMIÈRE SECTION.

Les glandes résinifères sont accolées à l'épiderme inférieur.	Des stomates sur la face supérieure.	Toute la face supérieure est couverte de stomates. 14 files par bandelette				*A. grandis.*
		Stomates.	localisés en plusieurs files longues. 10 files de stom. par band.			*A. Reginæ Ameliæ.*
			au nombre de 2 ou 3 près de la pointe de la feuille. 7 files de stomates par bandelette			*A. numidica.*
	Pas de stomates sur la face supérieure.	7 files de stomates par bandelette.	De l'hypoderme sous l'épiderme supérieur.	Zone continue d'hypoderme		*A. cephalonica.*
				Zone discontinue d'hypoderme.	Beaucoup d'hypoderme	*A. pectinata.*
					Très-peu d'hypoderme.	*A. Pindrow.*
			Pas d'hypoderme sous l'épiderme supérieur			*A. cilicica.*
		Plus de 10 files de stomates par bandelette.	Des fibres pseudolibériennes			*A. bifida.*
			Pas de fibres pseudo-libériennes.	Zone continue d'hypoderme.	Feuille mucronée	*A. bracteata.*
					Feuille bilobée	*A. spectabilis.*
				Zone discontinue d'hypoderme		*A. Gordoniana.*

DEUXIÈME SECTION.

Les glandes résinifères ne touchent pas l'épiderme inférieur.	Des stomates sur la face supérieure.	De l'hypoderme	6 files de stomates sur la face supérieure	*A. Pinsapo.*
			2 files de stomates sur la face supérieure	*A. Fraseri.*
		Pas d'hypoderme		*A. balsamea.*
	Pas de stomates sur la face supérieure.	Pas d'hypoderme	10 files de stomates par bandelette	*A. Weitchii.*
			5 files de stomates par bandelette	*A. sibirica.*
		De l'hypoderme	7 files de stomates par bandelette	*A. homolepis.*
			10 files de stomates par bandelette	*A. firma.*

vure est divisée en deux branches parallèles dans toute l'étendue du limbe. Le tissu fondamental est différencié en parenchyme en palissade et en parenchyme rameux ; les cellules de ce tissu voisines de l'épiderme se transforment en fibres hypodermiques. Chez *Abies bifida* il y a quelques cellules du tissu fondamental qui se transforment en fibres pseudolibériennes.

La feuille des *Abies* contient toujours deux glandes résinifères qui sont placées de chaque côté de la nervure. Mais, chez les uns, ces glandes résinifères sont accolées à la face inférieure de la feuille et dans le voisinage des bords; chez les autres, au contraire, ces glandes sont dans le milieu même du tissu fondamental (fig. 5, 6, pl. 8).

La structure de l'épiderme des feuilles des *Abies* est la même que celle de ce tissu chez les *Pseudotsuga* (fig. 7, 8, pl. 8). On trouve toujours deux bandelettes de stomates de chaque côté de la nervure à la face inférieure de la feuille ; suivant les espèces, on trouve des stomates sur la face supérieure de la feuille, ou bien au contraire cette face en est absolument dépourvue.

Synonymie et distribution géographique du genre Abies.

A. grandis Lindl. — Californie. — Syn. : *Picea grandis* Dougl., *Abies lasiocarpa* Gord., *Pinus concolor* Engel., *P. lasiocarpa* Hook.

A. Reginæ Ameliæ Heldr. — Grèce. — Syn. : *A. Pinsapo* Boiss. (d'après M. Cosson), *A. numidica* de quelques autres auteurs.

A. numidica De Lannoy. — Algérie. — Syn. : *A. Pinsapo* Boiss., d'après M. Cosson.

A. cephalonica Link. — Céphalonie, le mont Enos. — Syn. : *Picea cephalonica* Endl., *A. Luscombeana* Loud., *A. panachaica* Heldr., *A. Apollinis* Link, *P. Apollinis* Ant.

A. pectinata De Candolle (1). — Europe centrale. — Syn. :

(1) L'*A. Nordmanniana* me paraît à peine différent de l'*A. pectinata* De Candolle.

Pinus picea L., *P. Abies* Du Roi. *Abies alba* Mill., *A. taxifolia* Desfont., *A. excelsa* Link., *Picea pectinata* Loud.

A. Pindrow Spach. (1). — Monts Himalaya, à 2000 mètres d'altitude.— Syn. : *Taxus Lambertiana* Wall., *Pinus Pindrow* Du Roy, *Picea Herbertiana* M., *P. Pindrow* Loud.

A. cilicica Balans.— Cilicie.— Syn. : *Pinus cilicica* Kotsch., *Picea cilicica* Loud.

A. bifida S. et Z. — Japon.

A. bracteata Hook. et Arnott (2). — Fleuve Columbia. — Syn. : *P. bracteata* Don, *P. venusta* Dougl., *Picea bracteata* Loud.

A. spectabilis Herpin de Fremont. — Californie.

A. Gordoniana. — Ile de Vancouver.

A. Pinsapo Boiss. — Espagne (Sierra Nevada). — Syn. : *Picea Pinsapo* Loud., *Pinus Pinsapo* Ant.

A. Fraseri Lindl. (3). — Pensylvanie.— Syn. : *Picea Fraseri* Loud., *Pinus Fraseri* Ant.

A. balsamea Mill. —Canada.— Syn. : *Pinus balsamea* Lindl., *Picea balsamea* Loud.

A. Weitchii Carr. — Chine et le Japon. — Syn. : *P. Weitchii.*

A. sibirica Ledeb. — Sibérie méridionale. — Syn. : *Picea Pichta* Loud., *Pinus Pichta* Fisch., *P. sibirica* Steud.

A. homolepis S. et Z. — Japon. — Syn. : *Pinus homolepis* Ant., *Picea homolepis* Loud.

A. firma S. et Z. — Japon. — Syn. : *Pinus firma* Ant., *Picea firma* Gord.

Si nous mettons en présence les espèces et les contrées qu'elles habitent dans les deux sections du genre *Abies ;* si en

(1) *A. Webbiana* Lindl. ne diffère pas anatomiquement de l'*A. Pindrow* Spach.

(2) *A. religiosa* Lindl. ne diffère pas anatomiquement de l'*A. bracteata* Hook. et Arnott.

(3) *A. amabilis* Forbes ne diffère pas anatomiquement de l'*A. Fraseri* Lindl.

même temps nous rapprochons l'une près de l'autre les espèces les plus voisines anatomiquement, nous aurons le tableau suivant :

Section I.		Section II.	
A. *grandis*	Californie.	A. *Fraseri*	Pensylvanie.
A. *numidica*	Algérie.	A. *balsamea*	Caroline.
A. *Reginæ Ameliæ*	Grèce.		
A. *cephalonica*	Grèce.	A. *Pinsapo*	Espagne mérid.
A. *pectinata*	Europe.		
A. *cilicica*	Cilicie.	A. *sibirica*	Sibérie.
A. *Pindrow*	Himalaya.	A. *Weitchii*	Japon.
A. *bifida*	Japon.	A. *homolepis*	Japon.
A. *bracteata*	Californie.	A. *firma*	Japon.
A. *spectabilis*	Californie.		
A. *Gordoniana*	Ile Vancouver.		

Toutes ces espèces sont comprises entre le 35ᵉ et le 55ᵉ degré de latitude nord.

II. — B. 11. PINUS Linné.

Le genre *Pinus* se divise en sept sections :

Les *Cembra*, les *Strobus*, les *Pseudostrobus*, les *Tæda*, les *Pinea*, les *Pinaster*, les *Monophylla*.

Les deux premières sections ont cinq feuilles dans chaque gaîne ; les trois suivantes en ont seulement trois ; la sixième n'en a que deux ; la dernière, ainsi que son nom l'indique, n'en a qu'une.

Section A. — CEMBRA Spach.

La seule différence entre les *Pinus* de la section *Cembra* et les *Pinus* de la section *Strobus*, c'est que les faisceaux primaires de la tige des *Cembra* ont une glande résinifère dans leur bois primaire, tandis que cet organe manque le plus souvent chez les *Strobus*.

L'étude de la structure anatomique des tiges et des feuilles des *Cembra* ne permet pas de les différencier, ni d'établir de rap-

port entre leur classification naturelle et leur distribution géographique.

Section B. — STROBUS Spach.

Parcours des faisceaux.—Les feuilles, solitaires, sont insérées sur des pousses longues et leur arrangement spiral a pour cycle 8/21. Dans l'aisselle de chacune de ces feuilles simples nous trouvons des pousses courtes dont les feuilles inférieures restent écailleuses ; les cinq dernières feuilles se développent seules, et chacune d'elles reçoit un seul faisceau primaire indivis, sur la structure duquel je me suis arrêté en parlant de la structure de la feuille des *Strobus*. Les feuilles développées ou écailleuses sont insérées sur les courtes pousses en une spirale dont le cycle est 5/13. Les faisceaux primaires qui se rendent aux feuilles simples ne présentent rien de particulier dans leur parcours ; quant aux faisceaux primaires des pousses courtes, les cinq faisceaux qui se rendent aux feuilles développées sont très-volumineux ; tandis que les faisceaux des feuilles écailleuses sont excessivement grêles; néanmoins le parcours de ces faisceaux est le même que celui que j'ai fait connaître à propos de *Taxus*, avec cette différence pourtant que les plans d'émergence des cinq derniers faisceaux sont extrêmement rapprochés.

Tableau synoptique des caractères anatomiques des espèces de la section des Strobus.

Des stomates sur la face inférieure des feuilles.................... *P. Lambertiana.*

Pas de stomates sur la face inférieure.	2 glandes résinifères....................	*P. Strobus.*
	3 glandes résinifères....................	*P. excelsa.*

Synonymie et distribution géographique des espèces de la section Strobus.

P. Lambertiana Dougl. — Californie.

P. Strobus L. — Amér. septentr.

P. excelsa Wall. — Monts Himalaya. — Syn. : *P. Strobus* Ham., *P. chylla* Loud., *P. Dicksonii* Hort., *P. pendula* Griff., *P. nepalensis* de Chambr.

Section C. — PSEUDOSTROBUS Endl.

Les feuilles sont au nombre de trois dans chaque gaîne. Chaque feuille reçoit un seul faisceau primaire, qui reste indivis pendant son parcours à travers le limbe (fig. 11, pl. 9).

Le parcours des faisceaux primaires de la tige des *Pseudostrobus* est le même que celui des faisceaux des *Pinea* et des *Tæda;* il ne diffère de celui des faisceaux primaires de la tige des *Strobus* et des *Cembra* que parce que trois faisceaux au lieu de cinq sont bien développés.

Je n'ai eu occasion d'examiner qu'une seule espèce de la section des *Pseudostrobus*, le *P. occidentalis* Swartz.

Section D. — TÆDA Endl.

Les feuilles, au nombre de trois dans chaque gaîne, reçoivent chacune un seul faisceau primaire, qui se divise en deux pendant son parcours à travers le limbe.

Tableau synoptique des caractères anatomiques des espèces de la section des Tæda.

Pas de glande résinifère			*P. Tæda.*
Des glandes résinifères.	Dans le parenchyme, 4 glandes		*P. ponderosa.*
	Contre l'hypoderme, 2 glandes seulement	sur les bords de la feuille.	*P. canariensis.*
		contre la face supérieure.	*P. longifolia.*
		contre la face inférieure..	*P. insularis.*

Synonymie et distribution géographique des espèces de la section des Tæda.

P. Tæda L. — Caroline.

P. ponderosa Dougl. (1). — Californie. — Syn. : *P. Nutkaensis* Manetti.

(1) Les *P. tuberculata* Don, *P. australis* Mich., *P. Sabiniana* Dougl., *P. Coulteri* Don, *P. Benthamania* Hartweg, présentent la même structure anatomique que le *P. ponderosa.*

P. canariensis Chr. Smith.

P. longifolia Roxb. — Monts Himalaya. — Syn. : *P. serenagensis* Madd., *Palla blanca* Hort.

P. insularis Endl. — Timor et les Philippines. — Syn. : *P. timorensis* Loud.

Section E. — PINEA Endl.

Il n'y a aucun caractère anatomique qui différencie nettement les *Pinea* des *Tæda*.

Section F. — PINASTER Endl.

Il n'y a que deux feuilles dans chacune des gaînes des *Pinus* de la section des *Pinaster* (1). La forme de la section transversale de ces organes rappelle celle du pétiole de la feuille du *Salisburia adiantifolia* (fig. 3, 4, pl. 9). Dans chacune de ces feuilles nous trouvons un seul faisceau primaire divisé en deux branches bien séparées.

Parcours des faisceaux primaires dans les courtes pousses. — Les feuilles, écailleuses ou bien développées, qui s'insèrent sur les courtes pousses nées dans l'aisselle des feuilles simples, sont disposées sur ces rameaux, suivant une spirale dont le cycle est 5/13. Deux feuilles seulement se développent sur ces rameaux courts, les autres restent écailleuses et les faisceaux primaires qui s'y rendent restent très-grêles. Au contraire, les faisceaux primaires qui se rendent aux feuilles développées sont très-volumineux ; quant aux rapports de ces faisceaux avec les faisceaux des feuilles écailleuses, ils sont les mêmes que ceux que j'ai déjà eu occasion de décrire chez les *Strobus*.

(1) Wittstein, *Zur Kenntn. d.* Pinus silvestris.

Tableau synoptique des caractères anatomiques des espèces de la section des Pinaster.

Pas de glande résinifère				*P. contorta.*
Des glandes résinifères.	Pas de glande médiane supérieure.	Glandes résinifères accolées à l'hypoderme.		*P. rubra.*
		Glandes résinif. non accolées à l'hypoderme.	3 glandes résinifères	*P. pungens.*
			5 glandes résinifères ou 2.	*P. Pinaster.*
	Une glande médiane supérieure			*P. silvestris.*

Synonymie et distribution géographique des espèces de la section des Pinaster.

P. contorta Dougl. — Californie.

P. rubra Mich. — Virginie.

P. pungens Mich. — Virginie.

P. Pinaster (1) Soland. — Europe. — Syn. : *P. maritima* Lamb., *P. nepalensis* Royle, *P. syrtica* Thore, *P. Latteri* Madden, *P. chinensis* Knight, *P. Novæ-Zelandiæ* Hort., *P. neglecta* Low.

P. silvestris (2) L. — Europe.

Section G. — MONOPHYLLA Bertd.

Les feuilles écailleuses qui enveloppent les aiguilles vertes et qui forment la gaîne des rameaux courts n'ont point de faisceaux, et, de plus, elles ne contiennent pas de glandes résinifères.

Parcours des faisceaux primaires. — Les faisceaux primaires de la tige qui se rendent dans les feuilles simples ne présentent rien de particulier dans leur parcours ; et comme le cycle des

(1) Les *P. pyrenaica* Lapeyr., *P. Lemonia* Bentham, sont semblables au *P. Pinaster* par leur organisation histologique.

(2) Les *P. Pumilio* Hænke, *P. Laricio* Poir., *P. brutia* Tenore (*a*), *P. austriaca* Hook., *P. Massoniana* S. Z., *P. Saltzmanni* Dunal, *P. halepensis* Aiton, ne diffèrent pas anatomiquement du *P. silvestris* (*b*).

(*a*) M. le docteur Christ s'est occupé de savoir si les *P. brutia* et *P. halepensis* étaient la même espèce (*Beitr. zur Kenntn. sudeuropaischer Pinusarten*, in *Flora*, 1863, n° 24).

(*b*) Schouw, *Conifères d'Italie* (*Ann. sc. nat.*, 3e série, t. III).

feuilles simples sur les pousses terminales est 8/21, un faisceau quelconque p, au moment de son émergence, est compris entre les faisceaux $p+13$ et $p+21$ ou $p+8$. Ce sont les faisceaux $p+13$ et $p+8$ qui fournissent les faisceaux de la pousse nouvelle, de la pousse courte qui naît dans l'aisselle d'une écaille. Une branche du faisceau $p+8$ se recourbe et se divise en deux branches : l'une qui se rend immédiatement dans la pousse (1), l'autre qui monte verticalement. A une certaine hauteur cette branche se divise en deux ; une branche très-grêle s'élève verticalement et va se réunir au faisceau $p+8$; l'autre se recourbe, et entre dans la pousse courte dont elle donne un seul faisceau ; deux branches descendent de la partie supérieure de $p+8$, se recourbent et donnent deux faisceaux à la pousse. Le faisceau $p+13$ se comporte comme le faisceau $p+8$, à cela près pourtant qu'il n'y a qu'une seule branche qui descende de $p+13$ pour entrer dans la nouvelle pousse. Telle est l'origine des treize faisceaux primaires que nous trouvons à la base d'une pousse courte.

Si nous examinons des coupes transversales minces successives, en allant du point d'émergence du faisceau p qui se rend à la feuille simple et en nous élevant verticalement, nous voyons que la branche de $p+8$ et celle de $p+13$ qui doivent se rendre dans la courte pousse se séparent de ces faisceaux et émergent dans le parenchyme, formant un système de deux masses fibrovasculaires libériennes symétriquement placées par rapport au plan vertical dans lequel émerge le faisceau p. Bientôt nous avons (pl. 7, fig. 21), en dehors du cylindre ligneux, un faisceau émergeant p et un système de deux masses vasculaires symétriquement disposées par rapport à un axe contenu dans le plan vertical défini : par l'axe de la pousse primaire et le faisceau émergeant p. Ce système (pl. 7, fig. 22) prend bientôt la forme d'un triangle ; puis la masse ligneuse qui forme la base du triangle (c'est le côté le plus voisin de l'anneau ligneux de la tige) se divise en deux, ces deux parties s'écartent ; le système tout entier s'ouvre comme si ses deux parties tournaient autour

(1) Elle fournit quatre faisceaux à cette pousse

d'une charnière placée au sommet du triangle, et bientôt nous n'avons plus qu'une seule masse portant un petit rayon médullaire médian (pl. 7, fig. 23, 25) : le système entre alors dans l'aiguille.

D'après cette description, on voit que l'aiguille verte unique, contenue dans les gaînes du *Pinus monophylla*, est le représentant physiologique des feuilles, mais n'en est pas le représentant morphologique et qu'elle ne mérite en rien le nom de feuille. C'est une sorte de rameau dont le cylindre ligneux s'est ouvert suivant une de ses génératrices, et s'est étalé sur un plan tangent diamétralement opposé à cette génératrice (pl. 9, fig. 5, 6).

Il ne faut point confondre le *P. monophylla* Torr. avec le *P. monophylla* des jardiniers, qui n'est le plus souvent qu'une forme du *P. silvestris* dans laquelle les deux feuilles de chaque gaîne sont fortement accolées.

Tableau synoptique résumant les principaux caractères anatomiques qui différencient entre eux les genres et les sous-genres PICEA, TSUGA, PSEUDOTSUGA, LARIX, CEDRUS, ABIES.

Pas de suber herbacé. Les feuilles sont portées par des coussinets.	Une seule espèce de pousse. Épiderme de la tige velu. Stomates disposés en deux bandelettes sur la face inférieure de la feuille. Feuille aplatie. Une nervure simple et au-dessous une seule glande résinifère. Feuilles persistantes	TSUGA.
	Une seule espèce de pousse. Épiderme de la tige lisse. Stomates non disposés en bandelette, plus nombreux sur la face supérieure de la feuille. Feuille tétragone. Une nervure avec un fort sillon médian. Deux glandes résinifères latérales. Feuilles persistantes	PICEA
	Deux espèces de pousses. Epiderme de la tige velu. Stomates non disposés en bandelette, plus nombreux sur la face supérieure de la feuille. Feuille triangulaire. Une nervure avec un fort sillon médian. Deux glandes résinifères latérales. Feuilles persistantes	CEDRUS.
	Deux espèces de pousses. Epiderme de la tige velu. Stomates en deux bandelettes sur la face inférieure de la feuille. Feuille aplatie. Une nervure simple. Deux glandes résinifères marginales. Feuilles caduques	LARIX.
Du suber herbacé. Les feuilles ne reposent par sur des coussinets. Une seule espèce de pousse. Feuilles aplaties portant 2 bandes de stomates à la face inférieure. Feuilles persistantes.	Nervure simple	PSEUDOTSUGA.
	Nervure bifide	ABIES.

III. — 12. SCIADOPITYS (1) Sieb. et Zucc.

Syn. : Taxus spec. Thunb.

Distribution géographique. — Le genre *Sciadopitys* ne contient qu'une seule espèce, le *S. verticillata* S. Z (2), qui habite le Japon.

Je ne reviens pas sur les descriptions que H. von Mohl et M. E. Strasburger ont données du *Sciadopitys verticillata* lorsque la plante est très-jeune. A l'âge de douze ans environ, un *Sciadopitys* se compose d'une série de longs rameaux, cylindriques, dénudés dans leur partie inférieure, renflés à leur extrémité supérieure, qui porte trois verticilles de longues feuilles vertes extrêmement rapprochés. Qu'on imagine une série de parasols ouverts et traversés par un manche commun, et l'on aura une idée grossière sans doute, mais très-exacte, de la forme du *Sciadopitys*.

Si nous examinons de plus près ces rameaux, nous voyons à leur surface, de distance en distance, de petites écailles brunes, sèches, qui ne sont que des feuilles atrophiées. Dans l'aisselle de chacune de ces feuilles nous trouvons de longs poils simples. Vers le sommet du rameau, ces écailles deviennent extrêmement nombreuses ; leur cycle d'insertion s'élève brusquement de 5/13 à 21/55 ou même 34/89. Dans l'aisselle de chaque écaille nous trouvons, outre les poils simples, une longue lanière verte que les botanistes descripteurs ont appelée *feuille*, et que les anatomistes allemands désignent sous le nom de *Doppelnadel*, qui signifie *double aiguille* ; je l'appellerai simplement *aiguille*. Ce sont des lanières linéaires, d'un vert luisant en dessus, et qui portent, dans la région médiane de leur face inférieure, un profond sillon blanchâtre au fond duquel sont cachés les stomates ; leur extrémité supérieure est bilobée.

(1) N'ayant pas eu à ma disposition de vieille écorce de *Sciadopitys*, je n'ai pu donner l'anatomie de cette partie de la plante ; pour cette même raison, j'ai laissé de côté les phénomènes de décortication.

(2) Syn. : *Taxus verticillata* Thunb., *Pinus verticillata* Sieb.

Historique. — Les recherches entreprises jusqu'à ce jour sur la structure anatomique du *Sciadopitys* n'ont porté que sur un seul point : la structure, et surtout sur la signification morphologique des *aiguilles*.

En 1863, M. F. Thomas regarde les aiguilles comme de *simples feuilles nées sur un axe secondaire avorté*, lequel axe devait se développer dans l'aisselle d'une écaille (1). En 1866, M. Dickson les considère comme des *cladodes*, c'est-à-dire comme un axe secondaire aplati (2). En 1867, M. Engelmann les considère comme résultant de la *soudure de deux feuilles simples nées sur un axe secondaire atrophié*. Cet axe secondaire aurait dû se développer dans l'aisselle d'une écaille (3).

En 1871, H. von Mohl fait connaître l'anatomie de la partie moyenne des aiguilles, et, s'appuyant seulement sur la structure anatomique de ces organes, il admet l'hypothèse de M. Engelmann (4). En 1873, M. E. Strasburger (5) reproduit les résultats de H. von Mohl.

Structure de la tige. — *Faisceau.* — La structure des jeunes faisceaux de la tige du *Sciadopitys* est la même que celle des jeunes faisceaux primaires des Abiétinées proprement dites.

Tissu fondamental et système tégumentaire. — La moelle du *Sciadopitys* a la même structure que celle des *Tsuga*, elle ne contient jamais de glande résinifère. La structure des rayons médullaires est la même que celle des jeunes rayons des tiges des Abiétinées. L'écorce primaire se compose (pl. 10, fig. 1) de grosses cellules arrondies gorgées de chlorophylle ; les cellules de ce tissu voisines de l'épiderme se transforment en cellules

(1) F. Thomas, *Zur vergl. Anatomie d. Coniferen Laublatter* (*Jahrb.*, Bd. IV, Heft 1, 1865). — G. Zuccarini (*Beitr. z. morphol. d. Coniferen*, Bd. III, *Akad. d. Bay.*) et Parlatore (*Prodromus*, t. XVI, p. 435) avaient avant M. Thomas regardé l'aiguille comme une feuille simple née directement sur l'axe primaire.

(2) *Journal of Botany*, 1866, vol. IV, p. 224.

(3) *Sitz. d. naturf. Freunde in Berlin*, 1868, p. 14.

(4) *Loc. cit.*

(5) *Loc. cit.*

hypodermiques à parois peu épaisses. Le parenchyme herbacé et l'hypoderme renferment de nombreuses glandes résinifères ; les glandes de l'hypoderme se terminent dans les aiguilles, tandis que les glandes du parenchyme herbacé se rendent dans les écailles.

Le système tégumentaire est formé par une couche de cellules épidermiques dont la paroi extérieure est fortement cuticularisée. En général, ces cellules épidermiques sont lisses ; toutefois celles qui sont situées à l'aisselle des écailles se prolongent en forme de longs poils simples qui peuvent se cloisonner horizontalement.

De très-bonne heure une lame de phellogène apparaît entre le parenchyme herbacé et l'hypoderme ; elle forme une mince lame de liége (pl. 10, fig. 1) par division unilatérale externe.

Structure des écailles (pl. 10, fig. 2, 3). — Une écaille se compose d'un faisceau primaire indivis, dont la structure est la même que celle des très-jeunes faisceaux primaires de la tige. Sous ce faisceau on trouve une glande résinifère qui va se terminer dans le parenchyme herbacé de la tige; autour du faisceau une masse de parenchyme non différencié ; toutefois les cellules de ce tissu qui sont en contact avec l'épiderme sont transformées en fibres hypodermiques. L'épiderme est formé d'une couche de cellules cubiques lisses et ne présente jamais de stomates.

Les écailles sont disposées sur les rameaux suivant un ordre spiral dont le cycle est 5/13 ou 8/21.

Structure des aiguilles. — Une aiguille se compose de deux gros faisceaux parallèles entre eux, entourés de tous côtés par une masse de parenchyme mal différencié ; une couche de cellules épidermiques recouvre tout l'organe.

Chaque faisceau a la même structure que celle des jeunes faisceaux primaires de la tige; il est entouré par une masse de cellules cubiques courtes, couvertes de ponctuations aréolées : c'est le *tissu aréolé* que nous avons trouvé chez les *Pinus*. H. von

Mohl l'appelle *tissu de transfusion*, et le regarde, mais à tort, comme le représentant morphologique du *tissu de transfusion* des *Podocarpus*. Une gaîne protectrice, souvent mal définie, enveloppe chacun des faisceaux (pl. 10, fig. 4).

Le tissu fondamental se compose de cellules à parois peu épaisses, gorgées de chlorophylle ; un grand nombre de cellules de ce tissu se transforment en cellules rameuses et épaississent énormément leurs parois (pl. 10, fig. 7). Les cellules du tissu fondamental qui sont en contact avec l'épiderme se transforment en fibres hypodermiques.

Les cellules de l'épiderme supérieur des aiguilles, et celles des parties de l'épiderme de la face inférieure de ces organes comprises entre le sillon médian et les bords, sont lisses, cubiques ou à peine deux fois aussi longues que larges (pl. 10, fig. 8). Les cellules de l'épiderme du sillon de la face inférieure (pl. 10, fig. 9, 10, 11) sont cubiques, mais elles sont surmontées de longs mamelons en forme de doigt de gant ; on ne trouve les stomates qu'entre les cellules de l'épiderme du sillon. Chaque stomate se compose de deux grosses cellules réniformes, enchâssées entre quatre cellules épidermiques qui lui forment une antichambre peu profonde. Les mamelons des cellules épidermiques forment en avant de l'antichambre une vaste chambre très-profonde. Cette disposition rappelle celle que nous avons déjà rencontrée chez les *Torreya*. Les stomates sont disposés en files, et ces files forment une bandelette.

Nous trouvons toujours dans le tissu fondamental des aiguilles, en contact avec l'hypoderme, un certain nombre de glandes qui vont se terminer dans l'hypoderme de la tige. En général, il y en a (pl. 10, fig. 12) une de chaque côté de la bandelette, une sous chaque faisceau, et une près de chacun des bords. Souvent aussi on voit une glande accessoire (1) entre la glande qui borde la bandelette et la glande du bord de l'aiguille; plus

(1) M. Thomas a distingué les glandes résinifères des feuilles des Conifères en *glandes principales* et en *glandes accessoires*. Ces dernières peuvent manquer fréquemment. (*Pringsh. Jahrb.*, Bd. IV.)

rarement on trouve une autre glande accessoire entre la glande marginale et celle qui se rencontre sous chaque faisceau.

Si nous poursuivons les faisceaux jusque dans les lobes terminaux de l'aiguille, ils se réduisent à du parenchyme ligneux, et plus haut encore à du tissu aréolé : c'est le mode de terminaison des faisceaux primaires décrit par A. B. Frank, en 1864, chez le *Taxus baccata*. A la base des aiguilles, au contraire, les gaînes protectrices des faisceaux disparaissent ; il en est de même du tissu aréolé et des cellules pseudolibériennes rameuses ; la plupart des cellules du tissu fondamental se transforment en fibres hypodermiques et en fibres pseudolibériennes ; quant à la structure des faisceaux eux-mêmes, elle est la même que celle que nous avons décrite dans la partie moyenne des aiguilles.

Parcours des faisceaux. — Le parcours des faisceaux primaires qui se rendent de la tige dans les écailles ordinaires est le même que celui des faisceaux primaires des rameaux à feuilles simples des Pins.

Vers la partie supérieure d'un rameau nous trouvons, outre les faisceaux primaires qui se rendent dans les écailles, les faisceaux primaires qui se dirigent vers les aiguilles nées à l'aisselle de celles-ci. Les nombres 1, 2, 3... n désignant les n faisceaux primaires qui se rendent aux n premières écailles situées au-dessus d'une écaille donnée, dans l'ordre de leur insertion sur une spirale dont le cycle est 21/55. Un faisceau quelconque p émerge dans un plan vertical compris entre les faisceaux $p + 21$ à gauche et $p + 34$ à droite. Les deux faisceaux $p + 21$ et $p + 34$ vont se comporter comme les faisceaux $p + 8$ et $p + 13$ chez *Pinus monophylla ;* c'est-à-dire qu'ils vont fournir les faisceaux primaires du rameau qui doit naître dans l'aisselle de la feuille p. Ainsi, sur une section transversale de la tige de *Sciadopitys* menée à une petite distance de l'extrémité d'un rameau, nous trouvons dans l'aisselle de chacun des faisceaux primaires qui se rendent aux écailles (pl. 10, fig. 5, A) des systèmes de faisceaux primaires formés de deux masses ligneuses symétriquement

placées (pl. 10, fig. 5, B, C) par rapport au plan vertical dans lequel émerge le faisceau de l'écaille considérée ; ce n'est pas autre chose que ce que nous avons décrit chez *Pinus monophylla*, et en général chez toutes les pousses courtes des *Pinus*. Les deux masses ligneuses B et C de la fig. 5, pl. 10, ne sont donc que les faisceaux primaires d'un rameau secondaire atrophié, né dans l'aisselle de l'écaille qui reçoit le faisceau A.

Si nous poursuivons un système tel que celui des trois faisceaux A, B, C, nous voyons bientôt le faisceau A s'infléchir et entrer dans l'écaille où il doit se rendre. Les masses ligneuses B et C se disposent symétriquement par rapport au plan vertical d'émergence du faisceau A, et en même temps par rapport à un axe contenu dans ce plan et passant par le centre du cercle formé par les deux faisceaux B et C. Bientôt le rayon médullaire OY diminue, tandis que OX augmente beaucoup ; puis les deux masses ligneuses B et C se séparent, deviennent parallèles entre elles et entrent dans l'aiguille, tournant ainsi leurs trachées vers la bandelette (pl. 10, fig. 12). Ainsi, sur une section transversale d'une aiguille, nous trouvons deux faisceaux bien séparés, dont les trachées sont à la face inférieure des faisceaux et regardent la bandelette ; le plan de symétrie du faisceau est perpendiculaire à la partie de la bandelette qui en est la plus voisine.

Morphologie des aiguilles. — Étant donnés les faits que je viens de faire connaître, quelle est la signification morphologique des aiguilles ? Quant à leur rôle physiologique, il est parfaitement connu, elles remplacent les feuilles. D'après ce que j'ai dit, une aiguille est un organe qui procède d'un axe secondaire né dans l'aisselle de l'écaille qui est à sa base. Par conséquent, il faut abandonner l'hypothèse de Zuccarini et de M. Parlatore, à savoir qu'*une aiguille est une feuille simple née sur l'axe primaire*.

En second lieu, *l'aiguille est-elle une feuille simple née sur un axe secondaire atrophié ?* comme le dit M. Thomas. Mais nous savons que les trachées des faisceaux sont tournées vers la face inférieure de l'organe, que cette face porte en son milieu un

profond sillon, et que l'organe a deux groupes vasculaires formés chacun de quatre faisceaux primaires ; par conséquent, l'hypothèse de M. Thomas est inadmissible.

L'hypothèse de M. Dickson, à savoir que l'*aiguille est un cladode*, ne peut être admise. En effet, un cladode est un rameau aplati, il est symétrique par rapport à un axe ; or, ce n'est pas le cas d'une aiguille.

En dernier lieu, il nous reste à examiner l'hypothèse de M. Engelmann, admise par H. v. Mohl et par M. E. Strasburger, à savoir que l'aiguille du *Sciadopitys* résulte de la *soudure par leurs bords des deux dernières feuilles d'un rameau secondaire atrophié?* Le seul argument en faveur de cette manière de voir est que la face supérieure, aussi bien que la face inférieure de cet organe, porte un sillon médian, et que l'extrémité de l'aiguille est bilobée (1) ; mais dans cette hypothèse il faut admettre un rameau atrophié, bien que son système fibro-vasculaire soit parfaitement développé; deux feuilles seulement développées sur ce rameau, et ces deux feuilles, les dernières de ce rameau, soudées par leurs bords ; et tout cela pour expliquer l'origine du sillon situé à la face inférieure de l'aiguille.

Pour moi, une aiguille de *Sciadopitys* n'est autre chose qu'une forme particulière de l'aiguille terminale des pousses courtes du *Pinus monophylla*. Dans cette forme le rayon médullaire OY est très-développé; mais, comme chez le *Sciadopitys*, les rameaux successifs sont homodromes au lieu d'être hétérodromes ; le cylindre ligneux, au lieu de s'étaler sur le plan tangent X, s'étale incomplétement sur le plan tangent Y. Par conséquent, une aiguille dépend d'un axe secondaire, et ce n'est *ni une feuille*, *ni un système de feuilles soudées*, *ni un rameau*. A l'heure présente, la science ne possède pas de nom pour désigner de tels organes ; le mot *Doppelnadel* indiquant une signification morphologique inexacte, j'ai employé pour les désigner le mot *aiguille*, qui ne préjuge rien (2).

1) Ce que nous retrouvons dans l'*Abies bifida*.

2) Une *aiguille* est un *organe appendiculaire* dans lequel passent *tous les faisceaux* d'un rameau. Ces faisceaux, une fois dans l'aiguille, *s'étalent sur un seul plan perpendiculaire au plan diamétral principal du rameau.*

GÉNÉRALITÉS SUR LES GENRES *CUNNINGHAMIA*, *SEQUOIA*, *ARTHROTAXIS* (1).

Historique. — Aucun travail n'a été fait jusqu'à ce jour sur la structure anatomique de la tige des Séquoiées. Seul, M. Th. Geyler (2), en 1867, a fait connaître le parcours des faisceaux primaires de la tige des trois genres que nous allons étudier.

M. Hildebrand, en 1860, fait connaître la structure des stomates des *Sequoia* et des *Cunninghamia*. En 1863, M. F. Thomas cite quelques particularités des cellules épidermiques des *Cunninghamia* et des *Sequoia*. En dehors des travaux de ces deux derniers auteurs, je ne connais aucun travail où il soit traité de la structure des feuilles des Séquoiées.

Structure de la tige. — *Faisceaux.* — La structure des faisceaux des *Cunninghamia*, des *Sequoia* et des *Arthrotaxis* est la même que celle des faisceaux des *Taxus*, à cela près toutefois que les fibres ligneuses ne sont pas spiralées (3).

Tissu fondamental et système tégumentaire. — La moelle est comme celle des *Taxus*, et, comme cette dernière, ne contient ni sclérites ni glandes résinifères. L'écorce primaire se compose de cellules arrondies gorgées de chlorophylle ; celles qui sont sous l'épiderme s'épaississent et s'allongent en fibres hypodermiques. On trouve toujours dans le parenchyme herbacé la terminaison

(1) Je n'ai eu à ma disposition que de très-jeunes *Arthrotaxis* ; par conséquent je ne puis faire connaître la structure du vieux liber secondaire et les phénomènes de décortication.

(2) Th. Geyler (*Jahrbüch.*, 1867), M. Dippel en 1863, avaient dit un mot de la structure de l'étui médullaire de *Cunninghamia sinensis*.

(3) De même que chez les *Taxus*, les cristaux d'oxalate de chaux ne se trouvent que dans les parois des cellules, mais jamais dans l'intérieur de celles-ci, comme nous l'avons vu dans les *Abies* et dans les genres voisins.

des glandes résinifères des feuilles. L'épiderme est formé d'une seule couche de cellules en forme de parallélipipède. Chez les *Sequoia* et les *Arthrotaxis*, cet épiderme présente des stomates de distance en distance.

Décortication. — De très-bonne heure, chez les *Cunninghamia*, un peu plus tard chez *Sequoia sempervirens*, on voit apparaître une lame de phellogène entre l'hypoderme et le parenchyme herbacé ; cette lame engendre une mince couche de liége par division unilatérale externe. Plus tard des arcs de phellogène apparaissent dans le liber secondaire et forment des lentilles de rhytidome.

Ces arcs de phellogène engendrent une couche de liége qui a le plus souvent quatre cellules d'épaisseur ; de plus, ils se développent toujours entre les cellules grillagées et les cellules du parenchyme libérien.

Chez les *Sequoia*, les lentilles de rhytidome, ainsi séparées du reste de la tige, meurent, se dessèchent et restent en place ; les cellules du parenchyme libérien et les cellules grillagées se détruisent rapidement ; bientôt il ne reste plus que des fibres libériennes isolées, qui forment à l'arbre le revêtement filamenteux qui caractérise ces plantes. Chez les *Cunninghamia*, les écailles de rhytidome tombent d'un seul morceau avant la destruction des cellules du parenchyme.

Chez les *Arthrotaxis* et le *Sequoia gigantea*, la première lame de phellogène apparaît dans le parenchyme herbacé entre les glandes résinifères et le liber primaire, absolument comme dans le *Cephalotaxus ;* chez le *Sequoia gigantea*, les lames secondaires de phellogène sont semblables à celles du *S. sempervirens ;* quant aux *Arthrotaxis*, je n'ai pas eu à ma disposition de vieille écorce.

Structure de la feuille (1). — Dans les genres *Cunninghamia*,

(1) Les feuilles des *Cunninghamia*, des *Sequoia* et des *Arthrotaxis* sont persistantes, sessiles, insérées sur la tige par une large base, excepté chez le *Sequoia sempervirens*. Les feuilles sont à bords lisses chez les *Sequoia*, les *Arthrotaxis ;* au contraire, chez les

Sequoia, *Arthrotaxis*, chaque feuille reçoit un seul faisceau primaire de la tige qui reste indivis pendant son parcours à travers le limbe. La structure de ce faisceau primaire de la feuille est la même que celle des faisceaux primaires jeunes de la tige. Sur les bords du faisceau on trouve toujours une quantité considérable de *tissu aréolé*. La gaîne protectrice qui entoure chaque faisceau est mal caractérisée. Les feuilles des *Arthrotaxis* et celles du *Sequoia gigantea* n'ont qu'une seule glande résinifère; mais celles du *Sequoia sempervirens* et du *Cunninghamia sinensis* en contiennent trois : une médiane placée sous la nervure, et deux autres placées symétriquement par rapport à la première. Elles sont au milieu du tissu fondamental chez le *Cunninghamia sinensis*, et accolées à l'hypoderme de la face inférieure de la feuille et près des bords chez le *Sequoia sempervirens*.

Le tissu fondamental est différencié en parenchyme en palissade et en parenchyme rameux (pl. 10, fig. 6, P, *p*) chez le *Cunninghamia sinensis* et chez le *Sequoia sempervirens*. Dans le *Sequoia gigantea* et tous les *Arthrotaxis*, le tissu fondamental est homogène. Les cellules du tissu fondamental qui sont en contact avec l'épiderme sont transformées en fibres hypodermiques. Nous voyons dans le *Cunninghamia sinensis* quelques-unes des cellules de la région moyenne du tissu fondamental se transformer en longues fibres pseudolibériennes parallèles à la nervure (pl. 11, fig. 6, P').

Parcours des faisceaux. — Le cycle de la spirale foliaire est 5/13 ou 8/21. Quant au parcours des faisceaux primaires, il est le même que celui des faisceaux primaires du *Taxus*.

Cunninghamia, les bords sont hérissés de pointes tournées vers le sommet de la feuille. Les feuilles sont aplaties et couchées sur les rameaux dans le *Cunninghamia sinensis* et le *S. sempervirens*. Chez le *S. gigantea* et les *Arthrotaxis*, les feuilles sont squamiformes, triangulaires, très-épaisses et très-petites.

CARACTERES ANATOMIQUES DES GENRES *CUNNINGHAMIA*, *SEQUOIA*, ET *ARTHROTAXIS*.

IV. — A. 13. CUNNINGHAMIA R. Br.

Syn. : Ratopitys J. E. Nelson.

Distribution géographique. — Le genre *Cunninghamia* ne contient qu'une espèce, *C. sinensis* (1).

Caractères anatomiques de la feuille des Cunninghamia. — Outre les caractères que j'ai déjà indiqués, la feuille normale de *Cunninghamia sinensis* (2) présente deux bandelettes sur sa face inférieure. L'épiderme supérieur est composé de cellules lisses, allongées, qui rappellent celles de l'épiderme supérieur des *Tsuga*. Les cellules des bandelettes sont courtes, cubiques; leurs parois externes sont criblées de petites ponctuations simples. Les stomates sont disposés en files, et les files elles-mêmes sont groupées en bandelettes.

Les bords de la feuille sont munis de dentelures dirigées vers le sommet de la feuille.

IV. — A. 14. SEQUOIA Endl.

Distribution géographique. — Les *Sequoia* habitent la Cali-

(1) Syn. : *Pinus lanceolata* Lamb., *Abies lanceolata* Desf., *Ratopitys Cunninghamii* Nels., *Araucaria lanceolata* Hort., *Belis lanceolata* Sweet, *Belis jaculifolia* Salisb.

(2) J'ai eu occasion d'étudier un *Cunninghamia sinensis* dont les feuilles étaient fasciculées à la manière des *Pinus* (pl. 11, fig. 4, 5). Dans l'aisselle d'une feuille se développe une pousse courte; les feuilles inférieures restent écailleuses et forment une gaîne; les feuilles terminales sont très-étroites, mais leur structure es à peu près la même que celle des feuilles normales, à cela près qu'elles n'ont pas de glande résinifère médiane et qu'elles ne portent pas de stomates.

fornie ; on en compte deux espèces, qui sont le *S. sempervirens* (1) et le *S. gigantea* (2).

Caractères anatomiques des feuilles des Sequoia. — L'épiderme supérieur de la feuille chez le *S. sempervirens* et les cellules de l'épiderme de la région moyenne et des régions marginales du *S. gigantea* sont allongés, lisses, à parois assez épaisses (pl. 11, fig. 8). Les cellules épidermiques voisines des stomates sont courtes, presque cubiques ; en général elles sont au nombre de six autour de chaque antichambre. On trouve toujours des stomates sur la face supérieure des feuilles des *Sequoia;* ces stomates sont disposés en files et forment deux groupes de chaque côté de la nervure ; à la face inférieure les stomates forment deux bandelettes sur les feuilles linéaires du *S. sempervirens*, tandis qu'ils ne forment que deux amas très-petits sur les feuilles très-réduites et pour ainsi dire écailleuses du *S. gigantea*. Les bords de la feuille sont toujours lisses.

IV. — A. 15. ARTHROTAXIS Don.

Syn. : Taxodii spec. Lamb.; Condylocarpus Salisb.

Distribution géographique. — Le genre *Arthrotaxis* contient trois espèces ; toutes trois habitent la Tasmanie. Ce sont : *A. cupressoides*, *A. selaginoides* et *A. laxifolia*.

Caractères anatomiques des feuilles des Arthrotaxis. — L'épiderme de la face inférieure des feuilles de *A. laxifolia* et de *A. selaginoides* se compose de cellules aplaties, deux ou trois fois aussi longues que larges (pl. 11, fig. 13). Celles des bords de la feuille ont la même forme. Chez toutes ces cellules les couches cuticulaires sont excessivement développées, et très-fréquemment on y rencontre des cristaux d'oxalate de chaux ou des globules de résine qui ont pénétré là par infiltration.

(1) Syn. : *Taxodium sempervirens* Lamb., *T. nutkænse* Hochst., *Gigantabies taxifolia* Nelson, *Condylocarpus sempervirens* Salisb., *Schubertia sempervirens* Spach.

(2) Syn. : *Gigantabies Wellingtonia* Nels., *Wellingtonia gigantea* Lindl., *Washingtonia californica* Winslow, *Taxodium Washingtonianum* Hort.

Chez l'*Arthrotaxis cupressoides* il y a des stomates sur les deux faces de la feuille; chez les deux autres espèces il n'y en a que deux amas symétriquement placés, par rapport à la nervure, sur la face supérieure de la feuille.

Les bords de la feuille sont lisses.

Tableau synoptique des caractères anatomiques des espèces du genre Arthrotaxis.

Des stomates sur les deux faces de la feuille. Pas de nervure.		*A. cupressoides.*
Stomates sur une seule face.	Des fibres pseudolibériennes sous la nervure.	*A. laxifolia.*
	Pas de fibres pseudolibériennes sous la nervure.	*A. selaginoides.*

Synonymie des espèces du genre Arthrotaxis.

A. cupressoides Don.— Syn. : *A. imbricata* Hort., *Cunninghamia cupressoides* Zucc.

A. laxifolia Hook.— Syn. : *A. Doniana.*

A. selaginoides Don.— Syn. : *A. imbricata* Hort., *A. alpina* Hort.

Tableau synoptique résumant les caractères anatomiques des genres Cunninghamia Arthrotaxis *et* Sequoia.

La feuille contient trois glandes résinifères.	Les glandes latérales sont dans le milieu du parenchyme; des fibres pseudo-libériennes. Les bords de la feuille ont de petites dents.	Cunninghamia.
	Les glandes latérales touchent l'épiderme inférieur; pas de fibres pseudo-libériennes. Les bords de la feuille sont lisses.	Sequoia sempervirens.
La feuille contient une glande résinifère et ses bords sont toujours lisses.	Pas de fibres pseudo-libériennes. Beaucoup de tissu aréolé. Feuille tétragone.	Sequoia gigantea.
	Des fibres pseudo-libériennes en général. Peu de tissu aréolé. Section transversale de la feuille en forme de section de pétiole.	Arthrotaxis.

IV. — B. 16. ARAUCARIA Juss.

Syn. : Altingia Don; Colymbea et Eutassa Salisb.

Distribution géographique. — Le genre *Araucaria* contient deux sous-genres, le groupe *Eutacta* Link, et le groupe *Colymbea*

Salisbury. Des espèces qui forment les genres *Eutacta* et *Colymbea*, les unes sont particulières aux îles de l'Océanie situées au-dessous de l'Équateur, les autres habitent l'Amérique du Sud. Dans ce genre, comme dans les précédents, il semble donc que la flore de l'Amérique du Nord fasse pendant pour ainsi dire à la flore de l'Asie, tandis que la flore de l'Amérique du Sud fait pendant à la flore des îles australiennes (1).

Les *Araucaria* sont de très-grands arbres dont les branches, rapprochées en faux verticilles, sont couvertes de feuilles imbriquées très-dures. Les feuilles des *Araucaria* sont sessiles; elles s'insèrent directement sur la tige par une très-large base, à l'exception de l'*A. Cunninghami;* elles sont toujours parcourues par plusieurs faisceaux parallèles qui ne sont cependant que les branches d'un faisceau primaire unique de la tige. Les feuilles des *Araucaria* sont presque triangulaires, aplaties ou subtétragones, épaisses, terminées le plus souvent par un mucron excessivement aigu, comme chez l'*A. imbricata* par exemple. La surface des feuilles est d'un vert luisant, et l'on y remarque de distance en distance des files de stomates parallèles entre elles. Lorsque les feuilles, comme chez l'*A. excelsa*, sont subtétragones, légèrement recourbées vers le rameau, la base de la feuille est d'abord assez étroite; elle grandit avec la feuille et avec la tige, et à sa mort elle laisse sur le tronc une large cicatrice caractéristique. La chute des feuilles n'a lieu que longtemps après leur mort.

Historique. — Dès 1841, H. R. Göppert (2) étudie la structure des fibres ligneuses des *Araucaria;* il reconnaît que le bois des Araucariées se distingue facilement du bois des autres Abiétinées.

En 1860, H. Schacht (3) dit quelques mots sur la structure anatomique de la tige et de la racine de l'*Araucaria brasiliensis*.

(1) A ces deux sous-genres on peut joindre le sous-genre *Altingia*, dont les espèces habitent l'Australie.

(2) H. R. Göppert, *De structura*. Vratislaviæ, 1841, in-4, 2 Taf.

(3) H. Schacht, *Der Baum*. Bonn, 1860, in-8.

En 1862, ce même auteur (1) publie un mémoire consacré spécialement à l'étude de la structure anatomique de la tige et de la racine d'*Araucaria brasiliensis*.

En 1862, M. Dippel (2) décrit l'étui médullaire des *Araucaria*.

Les stomates des feuilles des *Araucaria* sont décrits en 1860 par M. F. Hildebrand (3), en 1867 par M. E. Strasburger (4). Schacht, en 1860 (5), donne un schéma d'une coupe transversale d'une feuille de *Colymbea*. M. F. Thomas, en 1863, dit quelques mots de l'épiderme des feuilles des *Araucaria* et de la multiplicité de leurs nervures (6).

En 1867, M. Th. Geyler fait connaître le parcours des faisceaux primaires de la tige des *Araucaria* (7).

Structure de la tige. — Faisceaux. — La structure des faisceaux primaires d'une tige d'*Araucaria* diffère très-peu de celle du *Tsuga*. Ainsi les fibres ligneuses très-volumineuses chez les *Araucaria*, et surtout chez les *Colymbea*, ont leurs parois radiales couvertes de plusieurs files verticales de ponctuations aréolées, polyédriques ; les couches cuticularisées des parois des fibres ligneuses sont le plus souvent excessivement développées. Jamais il n'y a de glande, ni dans le bois primaire, ni dans le bois secondaire.

Le liber primaire ne présente rien de particulier. Le liber secondaire jeune est formé de cellules parenchymateuses, de fibres libériennes et de fibres lisses, qui représentent les cellules grillagées ; tous ces éléments sont mélangés. Dans le liber secondaire âgé, qui n'a pas été étudié par H. Schacht, les

(1) H. Schacht, *Ueber den Stamm und Wurzel der* Araucaria brasiliensis (*Bot. Zeit.*, n° 48, und ff., 1862).

(2) Dippel (*a*), *Bau der Markscheide Histologie der Coniferen* (*Bot. Zeit.*, 1862).

(3) F. Hildebrand, *Bau der Spalltoff. d. Coniferen* (*Bot. Zeit.*, 1860, n° 17).

(4) E. Strasburger, Pringsh., *Jahrb. für Botanik*, Bd. V, Heft 3.

(5) H. Schacht, *Der Baum.*

(6) F. Thomas, *Jahrb.*, Bd. III, Heft 1.

(7) Th. Geyler, *Ueber Gefässbündelverlauf. d. Coniferen* (*Jahrb.*, Bd. VI, Heft 1).

(*a*) M. E. de la Rue s'est occupé de la structure de l'étui médullaire des *Araucaria ;* il a reproduit le travail de Dippel, *Beitr. zur Histologie der Coniferen Markscheide* (*Bot. Zeit.*, 1873, n. 19).

fibres lisses sont remplacées par des cellules grillagées ; les cellules du parenchyme libérien ont leurs parois couvertes de ponctuations réticulées très-larges ; elles se boursouflent, se déforment, compriment les autres éléments du liber et même les font disparaître ; bientôt après, quelques-unes de ces cellules parenchymateuses se sclérifient (1). Il se forme ainsi de nombreux noyaux petits très-durs au milieu d'une masse de cellules tendres, d'où résulte une très-grande difficulté pour faire de bonnes coupes minces d'une certaine étendue.

Dans le liber secondaire complétement développé, on voit se former de distance en distance des glandes résinifères très-volumineuses.

Tissu fondamental et système tégumentaire. — La moelle se compose de cellules arrondies, à parois minces et lisses dans le jeune âge ; mais à une époque un peu plus avancée certaines d'entre elles se sclérifient. Il n'y a jamais de glandes résinifères dans la moelle.

Les rayons médullaires secondaires ont à peu près la même structure que les rayons médullaires secondaires des tiges des Abiétinées proprement dites. Comme chez celles-ci, il est bientôt impossible de distinguer les cellules des rayons médullaires de la région libérienne des cellules du parenchyme libérien.

Le parenchyme herbacé se compose de cellules arrondies gorgées de chlorophylle dans le jeune âge ; la couche de ce tissu en contact avec l'épiderme se transforme en hypoderme : chez l'*A. Cunninghami* les fibres hypodermiques ont des parois très-peu épaisses. Dans ce parenchyme herbacé on trouve des glandes résinifères qui terminent celles des feuilles.

Le système tégumentaire est formé par une simple couche de cellules épidermiques plates, trois fois aussi longues que larges, et dont les couches cuticulaires présentent une épaisseur remarquable et sont criblées de cristaux d'oxalate de chaux très-volumineux (2).

(1) Les cristaux des parois de ces sclérites sont très-volumineux.

(2) M. Solms Laubach, *Bot. Zeit.*, 1871 (*loc. cit.*).

Décortication. — Dans la plupart des *Araucaria*, chez tous les *Colymbea* et chez la plupart des *Eutacta*, on voit apparaître vers la troisième ou la quatrième année seulement, et souvent plus tard encore, une série d'arcs de phellogène qui se réunissent et forment un anneau complet autour de la tige. Par division tangentielle unilatérale externe ce phellogène engendre une lame de liége. Plusieurs années après seulement, de nouveaux arcs de phellogène apparaissent dans le liber secondaire déformé par le développement des cellules du parenchyme libérien, et détachent des lentilles de rhytidome. Le liége primaire apparaît entre le liber primaire et le liber secondaire.

Les lentilles de rhytidome ne se détachent pas de la tige; certaines cellules se détruisent; il en résulte des méats, des lacunes souvent volumineuses qui s'emplissent de résine. Souvent ce phénomène se produit près d'une glande résinifère.

Structure des feuilles. — Chez tous les *Araucaria*, *A. Cunninghami* excepté, le limbe reçoit plusieurs nervures parallèles qui ne sont que les branches d'un faisceau primaire unique de la tige, qui s'est divisé bien avant d'entrer dans la feuille. La structure de chacune des branches du faisceau primaire est la même que celle du faisceau primaire jeune de la tige. Sur les bords de chaque nervure on trouve une masse de tissu aréolé d'autant plus développée, que nous sommes plus près de la terminaison du faisceau. Les faisceaux n'ont pas de gaîne protectrice, ils s'étendent dans une masse de tissu fondamental généralement différencié en parenchyme en palissade et en parenchyme rameux. Ce tissu fondamental renferme toujours des glandes résinifères. Chez les *Colymbea*, les glandes résinifères se placent dans le plan des nervures, et l'on trouve une glande entre deux faisceaux (pl. 11, fig. 15). Les *Eutacta*, au contraire, ont une glande sous chaque faisceau; ces glandes ne sont jamais en contact avec l'hypoderme. L'*Araucaria excelsa* présente une glande résinifère accessoire accolée à l'hypoderme de la face supérieure de la feuille et à peu près en son milieu. Chez l'*Araucaria Cunninghami* jeune, et ces caractères pourraient peut-être

justifier l'établissement d'un sous-genre, on trouve autour de la nervure une gaîne protectrice bien définie ; le tissu fondamental n'est pas différencié, et deux glandes résinifères sont accolées à l'hypoderme, l'une dans l'angle supérieur, l'autre dans l'angle inférieur de la feuille, qui est tétragone. Il n'y a pas de glande résinifère immédiatement sous la nervure. A un âge avancé, il se développe une glande résinifère dans chacun des angles latéraux de la feuille.

Chez tous les *Eutacta*, certaines cellules du tissu fondamental de la feuille se transforment en grosses sclérites rameuses (1), tandis que chez les *Colymbea* et chez l'*Araucaria Cunninghami* ce phénomène ne s'observe jamais.

Les cellules du tissu fondamental voisines de l'épiderme se changent en longues fibres hypodermiques, qui forment ainsi de gros faisceaux sur les bords des feuilles et entre les files de stomates.

L'épiderme est formé d'une seule couche de cellules à parois assez solides, et dont les couches cuticulaires, excessivement épaisses, sont canaliculées et remplies de cristaux. Les stomates, disposés en files parallèles aux nervures, se composent de deux cellules réniformes enchâssées à la face inférieure de quatre cellules épidermiques ; ces dernières sont situées au-dessous du plan des autres cellules épidermiques ; il en résulte pour chaque stomate un puits profond. Les stomates existent sur les deux faces de la feuille.

Il n'y a pas d'écaille chez les *Araucaria*.

Parcours des faisceaux. — Les feuilles sont insérées sur les tiges suivant un ordre spiral dont le cycle est 8/21 ou 13/34. Chaque feuille reçoit un seul faisceau primaire dont le parcours est le même que celui des faisceaux primaires de la tige du *Taxus baccata ;* seulement, après son émergence, chaque faisceau se divise en plusieurs branches symétriquement placées par rapport à une branche principale médiane, avec laquelle elles deviennent bientôt parallèles.

(1) Les cristaux d'oxalate de chaux contenus dans les parois sont très-gros.

Tableau synoptique des caractères anatomiques des espèces du genre Araucaria.

Une seule nervure ; 2-4 glandes résinifères hypodermiques éloignées du faisceau. 4 groupes de stomates, sous-genre *Altingia*			*A. Cunninghami.*
Plusieurs nervures.	Glandes résinifères sous les faisceaux et accolés à ceux-ci : sous-genre *Eutacta.*	3 nervures ; 4 groupes de stomates de 5 files chacun	*A. excelsa.*
		5 nervures ; 4 groupes de stomates de 8 files chacun	*A. Balansæ.*
		11 nervures ; 2 groupes de stomates de 50 files sur chaque face	*A. Cookii.*
		13 nervures ; 3 groupes de stom. dont 2 à la face inférieure. 14/7-7 stomates.	*A. Rulei.*
		13 nervures ; 3 groupes de stom. dont 2 à la face inférieure. 34/7-7 stomates.	*A. montana.*
		15 nervures ; 3 groupes de stomates, dont 2 à la face infér. 40/14-14	*A. Muelleri.*
	Glandes résinifères dans le plan des faisceaux : sous-genre *Colymbea.*	15 nervures ; 65 files de stomates sur chaque face	*A. brasiliensis.*
		21 nervures ; 70 files de stomates sur chaque face	*A. imbricata.*
		17 nervures ; 90 files de stomates sur chaque face	*A. Bidwillii.*

Synonymie et distribution géographique des espèces du genre Araucaria.

I. ALTINGIA Bertd.

A. Cunninghami Ait. — Habite la côte orientale de l'Australie vers Moreton-bay. — Syn. : *Altingia Cunninghami* Don, *Eutacta Cunninghami* Link, *Eutacta Cunninghama* Spach.

II. EUTACTA Link.

A. excelsa R. Br. — Habite l'île de Norfolk. — Syn. : *Altingia excelsa* Loud., *Eutacta excelsa* Link, *Colymbea excelsa* Spreng., *Dombeya excelsa* Lamb.

A. Rulei Lindl. — Habite la Nouvelle-Calédonie.

A. montana Brngt et Gr. — Habite la Nouvelle-Calédonie.

A. Cookii R. Br. — Habite les Nouvelles-Hébrides et la Nouvelle-Calédonie. — Syn. : *Araucaria columnaris* Hort., *Cupressus columnaris* Forst., *Eutacta columnaris* Carr.

A. Muelleri Brngt et Gr. — Habite la Nouvelle-Calédonie.

III. COLYMBEA Salisb.

A. brasiliensis A. Rich. — Habite le Brésil. — Syn. : *Arau-*

caria Rudolfiana Savi, *Araucaria excelsa* Ait., *Colymbea angustifolia* Bertol., *Pinus dioica* Arab.

A. imbricata Pav. — Habite le Chili austral. — Syn. : *Araucaria chilensis* Mirb., *A. Dombeyi* A. Rich., *Quadrifaria imbricata* Manetti, *Pinus araucana* Molin., *Abies araucana* Poir., *A. Columbaria* Desf., *Dombeya chilensis* Lamk.

IV. — C. 17. DAMMARA Rhumph.

Syn. : Agathis Salisb.

Distribution géographique. — Les *Dammara* habitent Java, Bornéo, la Nouvelle-Zélande et la Nouvelle-Calédonie ; c'est donc un genre propre aux îles de l'Océanie.

Ce sont de grands arbres qui ressemblent assez bien par leur port à la plupart des arbres feuillus de la région méditerranéenne. Les rameaux portent de larges feuilles ovales, sessiles et étranglées à leur base, minces ou coriaces, terminées par une sorte de bec particulier. Le limbe est traversé par un certain nombre de nervures parallèles, qui ne sont que les branches d'un faisceau primaire unique de la tige ; il n'y a de stomates que sur la face inférieure de la feuille.

Structure de la tige. — Faisceau (1). — La structure d'un jeune faisceau primaire de la tige de *Dammara* est la même que celle des jeunes faisceaux primaires de la tige des *Tsuga*, avec cette différence cependant qu'il y a plus de trachées chez les *Dammara*, et que les cellules cambiales, lisses, portent de très-bonne heure des ponctuations grillagées. Je n'ai pas eu à ma disposition de très-vieille tige de *Dammara* ; par suite, je ne puis rien dire touchant la structure du vieux liber secondaire.

(1) Historique. — Il n'a encore été fait, à ma connaissance, aucune observation sur la structure de la tige des *Dammara* ; en dehors toutefois de celles de M. H. R. Göppert sur *D. australis* en 1841. En 1860, M. Hildebrand étudie la structure des stomates de *Dammara*. En 1863, M. F. Thomas parle d'après M. Hildebrand de la structure de l'épiderme de la feuille de ces plantes. En 1867, M. Th. Geyler étudie le parcours des faisceaux primaires de la tige de *D. australis*.

Tissu fondamental. — La moelle est formée dans le jeune âge de cellules arrondies, lisses ; mais de très-bonne heure un très-grand nombre de ces cellules se sclérifient et deviennent rameuses.

Les rayons médullaires secondaires du *Dammara* sont semblables à ceux des *Araucaria*. L'écorce primaire est formée de cellules arrondies, gorgées de chlorophylle ; celles qui sont en contact avec l'épiderme s'allongent en fibres hypodermiques. On trouve dans le parenchyme herbacé de nombreuses glandes qui ne sont que les terminaisons des glandes résinifères des feuilles. Un grand nombre des cellules de l'écorce primaire deviennent rameuses et se sclérifient.

Le système tégumentaire se compose d'une couche de cellules épidermiques légèrement aplaties, lisses, sans poil ni stomate, et presque aussi longues que larges ; leurs couches cuticulaires sont extrêmement épaissies.

Structure de la feuille. — Chaque feuille contient plusieurs nervures parallèles entre elles, qui ne sont que les branches d'un même faisceau primaire de la tige. La structure de ces nervures est identique avec celle des jeunes faisceaux primaires ; de même que chez les Abiétinées, on trouve une masse de tissu aréolé sur les bords de chaque nervure. Une gaîne protectrice, très-mal définie, entoure chaque nervure. Celles-ci sont plongées dans une masse de tissu fondamental différencié en parenchyme en palissade et en parenchyme rameux. Ici encore un grand nombre des cellules du tissu fondamental deviennent rameuses et se sclérifient.

On trouve toujours dans le tissu fondamental des *Dammara* des glandes résinifères situées dans le plan des nervures ; il y a une glande entre deux nervures successives : ce caractère distingue facilement les feuilles des *Dammara* de celles des *Nageia*, qui leur ressemblent au premier aspect.

Suivant les espèces, les cellules du tissu fondamental qui touchent l'hypoderme se transforment en fibres hypodermiques, ou conservent au contraire leur aspect primitif.

L'épiderme supérieur se compose de cellules cubiques courtes disposées en files, ou disséminées au hasard. L'épiderme inférieur est composé de cellules cubiques lisses, au milieu desquelles on rencontre de distance en distance des stomates qui présentent une structure particulière (fig. 2, pl. 12). Chacun de ces organes se compose de deux cellules réniformes enchâssées dans la face inférieure de quatre cellules épidermiques, qui laissent entre elles une antichambre profonde. Les bords des cellules épidermiques qui entourent les antichambres sont relevés d'une manière particulière (fig. 1, pl. 12). En général, le grand axe des stomates est perpendiculaire à la direction générale des nervures (1).

Parcours des faisceaux. — La disposition des feuilles sur le rameau est extrêmement variable chez les *Dammara*. Elles peuvent être opposées (2), ou disposées suivant une spirale dont le cycle est 5/13 : ce dernier cas est de beaucoup le plus fréquent (3) ; alors le parcours de chaque faisceau est le même que celui des faisceaux primaires du *Taxus*.

Tableau synoptique des caractères anatomiques des principales espèces de Dammara.

Une nappe presque continue d'hypoderme sous la face supérieure ; cellules de l'épiderme supérieur disposées en files.	Pas de sclérites ; stomates disposés en files. .	*D. Brownii.*
	Des sclérites ; stomates non disposés en files.	*D. australis.*
Quelques fibres hypodermiques isolées sous l'épiderme supérieur ; cellules de cet épiderme non disposées en files ; stomates disposés en files.	De nombreux sclérites.	*D. Moorii.*
	Pas de sclérites.	*D. orientalis.*

(1) Chez les *Dammara*, les écailles ne sont que des feuilles à peine modifiées.

(2) Cette opposition n'est jamais qu'apparente ; elle provient d'une spirale dont le cycle est 3/8.

(3) M. Geyler n'a étudié que la première disposition, qui résulte souvent du déplacement des membres d'une spirale dont le cycle est 3/8.

Synonymie et distribution géographique des espèces du genre Dammara.

D. Brownii Hort. — Habite la Nouvelle-Zélande.

D. australis Lamb. — Habite la Nouvelle-Zélande. — Syn. : *Agathis australis* Salisb.

D. Moorii Lindley. — Habite la Nouvelle-Calédonie.

D. orientalis Lamb. — Habite les îles Moluques et les Philippines. — Syn. : *D. alba* Rumph., *D. lauranthifolia* Spach, *D. rubricaulis* Knight, *Agathis Dammara* A. Rich., *A. lauranthifolia* Salisb., *Abies sumatrana* Desf., *A. Dammara* Poir., *Pinus Dammara* Lamb.

V. — A. 18. CRYPTOMERIA Don.

Distribution géographique. — Le genre *Cryptomeria* ne contient qu'une seule espèce, le *C. japonica* Don (1).

Les *Cryptomeria* sont de très-grands arbres, dont les branches sont disposées en faux verticilles. Les feuilles, très-rapprochées, sessiles, charnues, subtétragones, n'ont qu'une seule nervure, et portent quatre groupes de stomates; elles sont persistantes, et, de même que chez les *Araucaria*, ne tombent qu'avec l'écorce primaire.

Il n'y a pas d'écaille chez les *Cryptomeria;* les feuilles du sommet du rameau deviennent plus courtes que les autres.

Historique. — M. Th. Geyler (2) est le seul auteur qui se soit occupé de la structure de la tige du *Cryptomeria*, encore n'a-t-il décrit que le parcours des faisceaux primaires. M. Hildebrand, en 1860, nous a fait connaître (3) la structure des stomates des feuilles du *C. japonica*.

(1) Syn. : *Taxodium japonicum* A. Brngt, *Cupressus japonica* Linn. f., *San* Kæmpf., *Cupressus chusanensis* Hortul.

(2) Th. Geyler, *Pringsh. Jahrb.*, Bd. VI, 1867.

(3) F. Hildebrand, *loc. cit.*

Structure de la tige.— Faisceaux.— Les faisceaux primaires de la tige du *Cryptomeria* ont la même structure que les faisceaux primaires de la tige du *Taxus baccata*, à cela près que les fibres ligneuses ne sont jamais couvertes d'épaississements spiralés. Il n'y a jamais de glande résinifère ni dans le bois, ni dans le liber, qui se développe toujours avec une régularité parfaite. Le liber primaire est représenté par quelques grosses cellules ibériennes à parois légèrement épaissies.

Tissu fondamental, système tégumentaire et décortication. — La moelle ne présente point de sclérites. Les rayons médullaires, secondaires, ont la même structure que chez le *Taxus*. L'écorce primaire se compose de cellules arrondies gorgées de chlorophylle; la couche de ce tissu en contact avec l'épiderme se transforme en fibres hypodermiques. On trouve dans ce parenchyme herbacé la terminaison des glandes résinifères des feuilles.

L'épiderme est formé d'une couche de cellules aplaties, lisses, deux fois aussi longues que larges, et dont les couches cuticulaires sont extrêmement développées et dépourvues de poils et de stomates (1).

Structure de la feuille. — Chaque feuille reçoit de la tige un seul faisceau primaire, dont la structure est la même que celle des faisceaux primaires jeunes de la tige. De chaque côté du faisceau sont deux grosses masses de tissu aréolé. Sous le faisceau et accolée à celui-ci, on trouve une grosse glande résinifère. Le tissu fondamental n'est pas différencié en parenchyme en palissade et en parenchyme rameux. La plupart des cellules du tissu fondamental en contact avec l'épiderme inférieur sont transformées en fibres hypodermiques. Il n'y a pas de gaîne autour du faisceau.

Les stomates ont la même structure que chez les *Sequoia*; ils sont disposés en files parallèles à la nervure. Il y a deux groupes de ces files contre la face supérieure, et souvent aussi deux

(1) Les phénomènes de décortication sont les mêmes que chez le *Taxus*.

groupes d'une ou deux files de chaque côté de la région médiane sur la face inférieure. Le grand axe des stomates n'est pas parallèle à la nervure.

L'épiderme est composé de cellules aplaties aussi longues que larges, et dont les couches cuticulaires sont excessivement épaisses.

Parcours des faisceaux. — Les feuilles sont disposées sur le rameau suivant une spirale dont le cycle est 5/13 ou 8/21. Chaque feuille reçoit un seul faisceau primaire dont le parcours est le même que celui des faisceaux primaires des *Taxus* (1).

V. — B. 19. TAXODIUM L. C. Rich.

Distribution géographique. — Le genre *Taxodium* contient deux espèces : *T. distichum* L. C. Rich. (2) et *T. mucronatum* Ten. (3).

Les *Taxodium* sont des arbres de grande taille, qui rappellent par leur port certains Acacias au feuillage clair et léger. Leurs *ramules sont caducs ;* leurs feuilles sont aplaties, molles, ovales-linéaires, étroites, à peine aussi grandes que celles des *Tsuga*, d'un vert pâle, légèrement étranglées à leur base, couchées sur le rameau. De même que chez les *Taxus*, une légère torsion de leur base les rejette à droite et à gauche du rameau. Ces feuilles sont annuelles et tombent avec les rameaux latéraux qui les portent dans le *T. distichum*. La face inférieure de la feuille porte toujours deux bandelettes de cinq files de stomates; la face supérieure porte très-souvent plusieurs files de stomates de chaque côté de la nervure. Les feuilles sont uninerviées ; elles sont insérées sur les rameaux suivant un ordre spiral dont le cycle est 5/13.

Historique. — Les seuls auteurs qui se soient occupés de la

(1) Je n'ai pas eu à ma disposition de *Glyptostrobus*.

(2) Syn. : *Cupressus virginiana* Du Roi, *C. americana* Catesb., *C. disticha* Linn., *Schubertia disticha* Mirb., *Cupressinata disticha* Nels.

(3) Syn. : *T. pinnatum* Hort. aliq., *T. mexicanum* Carr., *T. Montezumæ* Dcne, *T. Hugeli* Law., *Cupressinata mexicana* Nelson.

structure anatomique des *Taxodium* sont : en 1867, M. Th. Geyler (1) (le parcours des faisceaux primaires de la tige) ; en 1860, M. Hildebrand (2) (les stomates).

Structure de la tige. — Faisceaux. — La structure des faisceaux primaires ne diffère des mêmes faisceaux chez le *Taxus baccata* que parce que les cellules ligneuses n'ont point d'épaississements spiralés chez les *Taxodium*. Jamais il n'y a de glande résinifère ni dans le bois, ni dans le liber des faisceaux primaires ou secondaires de la tige.

Tissu fondamental et système tégumentaire. — La moelle est composée, comme celle du *Taxus*, de cellules arrondies à parois minces, et ne contient jamais de sclérites. L'écorce primaire a la même structure que chez les *Cryptomeria*, à cela près toutefois qu'il n'y a qu'un très-petit nombre de fibres hypodermiques au contact de l'épiderme. Les rayons médullaires ont la même structure que chez les *Cryptomeria*. Le système tégumentaire se compose d'une seule couche de cellules épidermiques lisses, sans poils, ni stomates ; ces cellules sont à peu près deux fois aussi longues que larges.

Décortication. — Une lame de phellogène apparaît, à la fin de la première année, entre l'hypoderme et le parenchyme herbacé des pousses terminales ; elle isole toutes les pousses latérales, qui ne tardent pas à mourir et à tomber. Cela fait, d'autres arcs de phellogène se forment entre le liber primaire et le liber secondaire, puis déterminent dans le liber secondaire des lentilles de rhytidome qui ne se détachent pas. Chez les *Taxodium* et chez les *Cryptomeria*, ces lames de rhytidome se détruisent comme chez les *Sequoia* : telle est l'origine de cette filasse brune qui revêt les vieux troncs de ces arbres.

Structure de la feuille. — Chaque feuille reçoit de la tige un

(1) *Loc. cit.*
(2) *Loc. cit.*

seul faisceau primaire, dont la structure est la même que celle des faisceaux primaires jeunes de la tige ; de même que chez le *Cryptomeria*, il y a deux grosses masses de tissu aréolé de chaque côté de la nervure, et une glande résinifère accolée, d'une part à la face inférieure du faisceau, d'autre part à l'hypoderme de la face inférieure de la feuille. Le tissu fondamental n'est pas différencié; il n'y a pas de gaîne autour de la nervure.

L'épiderme se compose de cellules volumineuses presque aussi longues que larges, à parois minces et à couches cuticulaires peu développées. On trouve des stomates sur la face supérieure et sur la face inférieure ; ces stomates sont composés de deux grosses cellules réniformes, enchâssées à la face inférieure de quatre cellules épidermiques qui lui forment une antichambre peu profonde ; le grand axe des stomates est parallèle à la nervure. Ces stomates sont disposées en files, et les files elles-mêmes forment deux bandelettes à la face inférieure de la feuille ; on trouve généralement trois files de stomates de chaque côté de la région médiane de la face supérieure.

Il n'y a que quelques fibres hypodermiques isolées les unes des autres contre l'épiderme ; celles-ci forment, sur les bords de la feuille, un petit groupe de quatre cellules.

Parcours des faisceaux. — Le parcours des faisceaux primaires des tiges des *Taxodium* est le même que celui des faisceaux primaires de la tige du *Taxus baccata* (1).

V. — C. 20. FITZ-ROYA J. D. Hooker.

Syn. : CUPRESTELLATA J. E. Nelson.

Distribution géographique. — Le genre *Fitz-Roya* Hook. ne contient qu'une seule espèce, *F. patagonica* J. D. Hook., de la Patagonie et du Chili austral.

Les *Fitz-Roya* sont des arbres de 25 à 30 mètres, dont les

(1) Il n'y a pas de caractères anatomiques permettant de différencier les deux espèces du genre *Taxodium*.

branches et les rameaux s'infléchissent vers le sol. Les feuilles, verticillées, petites, ovales, aplaties, légèrement étranglées à leur base, sont sessiles. Chaque verticille contient trois feuilles; un de ces verticilles est en croix avec celui qui le précède et avec celui qui le suit. Chaque feuille porte deux petites bandelettes sur sa face inférieure, et ne reçoit de la tige qu'un seul faisceau primaire.

Historique.— Aucun auteur jusqu'ici, à ma connaissance, ne s'est occupé de la structure anatomique de la tige et de la feuille de *Fitz-Roya patagonica.*

Structure de la tige. — Faisceaux. — Chaque faisceau primaire se compose de trachées, de vaisseaux grêles, à ponctuations simples, extrêmement nombreuses, très-étroites et très-rapprochées ; de fibres ligneuses dont les parois latérales sont couvertes de ponctuations aréolées, très-larges, perforées à un âge très-avancé. Le liber primaire se compose de quelques grosses fibres à parois un peu épaissies. Le liber secondaire présente une structure très-régulière, soit dans le sens radial, soit dans le sens tangentiel. En effet (fig. 8, 9, pl. 12), il se compose de couches concentriques alternantes de cellules grillagées et de cellules parenchymateuses ; parfois dans le jeune liber secondaire, très-souvent dans le vieux liber secondaire, on trouve un rang de fibres libériennes à la place d'un rang de cellules grillagées. Parfois aussi il se forme une cellule grillagée sur chacune des faces tangentielles d'une fibre libérienne ou d'une cellule grillagée ; mais l'ordre radial normal est : une cellule grillagée, une cellule parenchymateuse, etc., etc.

Les cellules grillagées ont leurs parois criblées de cristaux d'oxalate de chaux; tandis que ces cristaux manquent au voisinage des ponctuations grillagées, ils forment autour de ces ponctuations des sortes de cercles dont les grillages occupent le centre.

Les cellules du parenchyme libérien ont une structure à elles propre. Les cloisons horizontales portent deux ou trois grosses ponctuations simples, elliptiques ; le grand axe de l'ellipse est

parallèle aux parois tangentielles ; très-rarement, des épaississements en réseau apparaissent dans ces ponctuations. Les parois radiales des cellules du parenchyme libérien sont assez épaisses ; elles se couvrent de petites ponctuations simples, très-étroites, et inclinées à 45 degrés sur l'horizon. Ces petites ponctuations sont doubles, et dans deux directions perpendiculaires, c'est-à-dire que sur une première ponctuation inclinée à droite s'est développée une petite ponctuation inclinée à gauche, d'où résulte une croix avec un point au centre (fig. 8, 9, pl. 12) (1).

Tissu fondamental ; système tégumentaire et décortication. — La moelle est composée de cellules arrondies lisses dans la jeunesse, à ponctuations simples à un âge un peu plus avancé ; de même que chez le *Taxus baccata*, on ne trouve ni sclérite, ni glande résinifère dans ce tissu.

Les rayons médullaires secondaires présentent la même structure que ceux du *Taxus baccata*. Dans leur région libérienne, ils se composent de cellules aplaties, tabulaires, à ponctuations simples, elliptiques, grosses, parallèles aux parois tangentielles. Ces cellules, de même que celles du parenchyme libérien, ne se déforment pas ; elles conservent toujours le caractère des cellules des rayons médullaires.

L'écorce primaire se compose d'une masse de cellules arrondies gorgées de chlorophylle ; celles de ces cellules en contact avec l'épiderme sont transformées en fibres hypodermiques. On trouve dans ce parenchyme herbacé la terminaison des glandes résinifères des feuilles.

La première lame de phellogène apparaît sous le liber primaire, entre ce tissu et le liber secondaire ; plus tard, des arcs de phellogène se montreront dans le liber secondaire. Par division unilatérale externe, elles donneront des lames plus ou moins épaisses de liége, et isoleront ainsi des lentilles de rhytidome qui se détachent après un temps plus ou moins long.

(1) Ces cellules parenchymateuses ne se boursouflent pas et le liber secondaire conserve toujours sa structure régulièrement stratifiée.

Il n'y a jamais de glande résinifère, ni dans le bois, ni dans le liber.

Structure de la feuille. — La structure de la feuille du *Fitz-Roya patagonica* est à peu de chose près la même que celle des feuilles du *Taxodium*. En effet, le faisceau primaire unique qui se rend à sa feuille a la même structure que celle des jeunes faisceaux primaires de la tige des *Taxodium*. Sur les bords du faisceau, on trouve deux grandes masses de *tissu aréolé*. Une grosse glande résinifère est accolée au faisceau et à l'hypoderme de la face inférieure de la feuille. Le tissu fondamental est différencié en parenchyme en palissade et en parenchyme rameux. Les cellules de ce tissu, qui sont en contact avec l'épiderme, sont transformées en fibres hypodermiques. Il y a une couche continue d'hypoderme sous la face supérieure de la feuille, ainsi que sur ses bords.

L'épiderme est formé de cellules qui rappellent par leur forme les cellules de l'épiderme de la feuille du *Taxodium distichum ;* seulement leurs parois sont plus épaisses, et leurs couches cuticulaires très-développées.

Il n'y a pas d'écaille chez le *Fitz-Roya ;* les feuilles de l'extrémité du rameau sont un peu moins développées que celles de la région moyenne.

Parcours des faisceaux. — Désignons par I', II', III', les trois feuilles d'un premier verticille ; par 1', 2', 3', les feuilles du verticille qui est situé immédiatement au-dessus du premier ; par I'', II'', III'', les feuilles du verticille qui est directement opposé au premier, et, de même par 1'', 2'', 3'', les feuilles du verticille directement opposé au second. Fendons le cylindre ligneux suivant une génératrice I', I'', et développons la surface sur un plan tangent diamétralement opposé à la génératrice considérée, nous aurons une figure telle que la figure 10, pl. 12.

Un faisceau quelconque 1p situé au milieu de la figure, c'est-à-dire sur la verticale passant par 1', descend simple de son plan horizontal d'émergence jusqu'au plan d'émergence des faisceaux

I^p, II^p, III^p ; là il se divise en deux branches : celle de droite va s'accoler au faisceau II^p, celle de gauche va s'accoler au faisceau III^p. On aura, en changeant, dans ce qui précède, I^p en II^p, II^p en III_p et III^p en I_p, 1_p en 2^p, 2_p en 3_p, 3^p en 1^p, le parcours des faisceaux primaires qui se rendent dans les feuilles des verticilles I, II, III. En changeant I^p en 1^p, II^p en 2^p, III^p en 3_p, et réciproquement, 1^p en I^{p+1}, 2^p en II^{p+1}, 3^p en III^{p+1}, nous aurons le parcours des faisceaux primaires qui se rendent dans les feuilles du verticille 1, 2, 3.

Tableau synoptique résumant les caractères anatomiques qui différencient les CRYPTOMERIA, *les* TAXODIUM *et les* FITZ-ROYA.

Liber formé de couches régulièrement alternantes, de fibres libériennes ; cellules grillagées, cellules parenchymateuses et cellules grillagées. Feuilles spiralées.	Rameaux persistants. Feuilles subtétragones	CRYPTOMERIA.
	Rameaux caducs. Feuilles aplaties.	TAXODIUM.
Liber formé de couches de cellules grillagées et de cellules parenchymateuses. Feuilles verticillées et aplaties........................		FITZ-ROYA.

GÉNÉRALITÉS DES GENRES *CUPRESSUS, CHAMÆCYPARIS, BIOTA, THUIA, TUIOPSIS, LIBOCEDRUS, CALLITRIS, ACTINOSTROBUS, WIDDRINGTONIA, FRENELLA, JUNIPERUS.*

Historique. — En 1841, M. H. R. Göppert (1) étudie la structure des fibres ligneuses du *Juniperus communis*, du *Cupressus* et du *Thuia ;* il étudie également la structure des rayons médullaires de ces plantes, et les rapproche, avec beaucoup de raison, des Taxinées proprement dites. En 1862, M. Dippel (2) fait connaître la présence de tubes grêles couverts de ponctuations étroites entre les trachées et les fibres ligneuses. En 1872,

(1) Göppert, *loc. cit.*

(2) Dippel, *loc. cit.* (*a*).

(*a*) M. E. de la Rue a repris ce travail (*loc. cit.*).

M. J. Schröder, de Dresde (1), mesure la longueur et la largeur des fibres ligneuses des *Cupressus* et des *Juniperus*.

M. Th. Hartig (2), en 1852, figure les ponctuations grillagées des *Juniperus*. H. von Mohl, en 1855 (3), étudie et fait connaître la structure du jeune liber secondaire des Cupressinées. H. Schacht (4), en 1860, dans son *Der Baum*, parle de la structure de la tige des *Juniperus* et des *Cupressus*. Les traités généraux de botanique, tels que celui de M. J. Sachs (5), signalent tous la structure si régulière du liber des Cupressinées.

En 1860, M. J. Hildebrand (6) fait connaître la structure des stomates de la plupart des genres que nous étudions en ce moment. M. Fr. Thomas (7), en 1863, cite certaines particularités des cellules épidermiques de quelques-uns de ces genres.

En 1847, A. Henry fait connaître la phyllotaxie de quelques Cupressinées (8). M. C. Nägeli, en 1858, décrit le parcours des faisceaux primaires de *Juniperus communis* (9). En 1867, M. Th. Geyler (10) fait connaître le parcours des faisceaux primaires des *Juniperus*, des *Callitris*, des *Thuia*, des *Widdringtonia*, des *Chamæcyparis*, etc.

Les glandes des Cupressinées ont été étudiées par M. Van Tieghem en 1872 (11).

Structure de la tige. — Faisceaux. — La structure des faisceaux primaires de la tige des Cupressinées est à peu de chose près celle des *Taxus*. Les fibres ligneuses ne présentent pas d'épaississement spiralé chez les Cupressinées (12). Le liber secondaire a la

(1) J. Schröder, *loc. cit.*
(2) Th. Hartig, *loc. cit.*
(3) H. von Mohl, *loc. cit.*
(4) H. Schacht, *loc. cit.*
(5) J. Sachs, *Lerbuch* (*loc. cit.*).
(6) F. Hildebrand, *loc. cit.*
(7) Fr. Thomas, *loc. cit.*
(8) A. Henry, *loc. cit.*, *Knospenbilder.* 1 vol. in-4, 17 Taf., 1847.
(9) C. Nägeli, *loc. cit.*
(10) Th. Geyler, *loc. cit.*
(11) Van Tieghem, *loc. cit.*
(12) Exceptionnellement cependant on peut en trouver quelques-unes.

même structure que le liber secondaire de *Taxus baccata* chez *Juniperus* et chez *Thuiopsis;* chez les autres Cupressinées, il se forme des glandes résinifères dans le liber secondaire. A cet effet, les cellules du parenchyme libérien amincissent leurs parois et sécrètent de la résine; et comme elles se séparent d'un seul côté des cellules grillagées qui leur sont contiguës, il en résulte une lacune (fig. 12, pl. 12). Souvent on voit ce travail se faire de chaque côté d'une couche de fibres libériennes et des cellules grillagées qui les accompagnent; on a ainsi une glande divisée en deux par une lame composée d'un rang de fibres libériennes recouvertes en avant et en arrière de cellules grillagées.

Il n'y a jamais de glande résinifère dans le bois des Cupressinées.

Tissu fondamental.— Système tégumentaire.— La moelle est composée de cellules arrondies, lisses, semblables à celles de *Taxus baccata.* La structure des rayons médullaires est aussi la même chez les Cupressinées que chez les Taxinées proprement dites.

L'écorce primaire et le système tégumentaire sont les mêmes que chez le *Cephalotaxus.*

Décortication. — La première lame de liége qui se forme par suite de la division tangentielle unilatérale externe de cellules d'une lame de phellogène apparaît entre les glandes du parenchyme herbacé et le liber primaire. Plus tard des arcs de phellogène se forment dans le liber secondaire, et détachent des lentilles de rhytidome, qui, suivant les genres, tombent d'une seule pièce, *Biota*, *Thuia*, ou se détruit sur place, *Juniperus*, et forme un revêtement filamenteux autour de la tige.

Structure de la feuille (1). — Je distinguerai deux types très-dissemblables extérieurement, et qui diffèrent cependant assez

(1) En dehors de quelques espèces des genres *Chamæcyparis* et *Juniperus*, les feuilles des Cupressinées sont sessiles, triangulaires, aplaties, *appliquées sur le rameau;* souvent même, dans le jeune âge, le rameau est lui-même aplati. La position des stomates varie d'une feuille à l'autre; en général, les stomates sont placés sur la face de

peu comme structure anatomique : 1° La feuille est sessile, mais séparée du rameau. 2° La feuille est sessile, mais collée au rameau, et dans ce type nous aurons à distinguer le cas des rameaux cylindriques et le cas des rameaux aplatis.

Dans tous les cas, chaque feuille reçoit de la tige un seul faisceau primaire, dont la structure est la même que celle des faisceaux primaires jeunes de la tige ; ce faisceau ne se divise pas dans son parcours à travers le limbe. Sur les bords de chaque faisceau on trouve deux masses de cellules arrondies cubiques, à parois assez épaisses, qui représentent le tissu aréolé des *Cryptomeria*, des *Taxodium* et des *Fitz-Roya*. Ces cellules sont couvertes de ponctuations *simples*, très-profondes, grandes et nombreuses, de sorte que la cellule paraît comme réticulée; les bords du réticule sont aréolés. Cette forme de tissu est donc intermédiaire entre le *tissu réticulé* et le *tissu aréolé*. Jamais il n'y a de gaîne autour des faisceaux.

Le tissu fondamental n'est jamais différencié; la plupart des cellules de ce tissu, qui sont en contact avec l'épiderme, sont transformées en fibres hypodermiques.

Là où il n'y a pas de stomate, l'épiderme se compose d'une couche de cellules aplaties, à parois assez épaisses en général, deux ou trois fois aussi longues que larges. Les couches cuticulaires des cellules épidermiques sont souvent extrêmement développées.

On trouve toujours entre le faisceau d'une feuille et l'hypoderme de l'angle ou de la face inférieure une glande résinifère qui est tantôt accolée au faisceau, d'autres fois accolée à l'hypoderme inférieur, d'autres fois encore au milieu du parenchyme, à égale distance de l'hypoderme et du faisceau.

la feuille qui est tournée vers le sol (*a*). Chez les *Juniperus*, dont les feuilles sont bien développées, les stomates forment un amas triangulaire au milieu de la face supérieure de la feuille. Les stomates ne sont plus disposés sur ces feuilles par files parallèles à la nervure, le plus souvent ils sont comme disséminés au hasard sur la face supérieure de la feuille.

(a) A. B. Frank, *Bot. Zeit.*, 1872, n. 38.

1° *Feuilles écartées du rameau* (*type Juniperus communis*). — Les stomates sont placés sur la face supérieure de la feuille seulement. Là ces stomates sont disséminés sans ordre, ils forment une sorte de triangle blanchâtre au milieu de la face supérieure. La structure de cette partie de l'épiderme et des stomates rappelle celle des bandelettes de *Taxus baccata*.

2° *Feuilles appliquées sur les rameaux*. — I. *Le rameau est cylindrique* (*Cupressus* (1), *Frenela*, *Widdringtonia*). — Le plus souvent la feuille n'a pas de face supérieure ; les stomates forment alors deux petits amas de chaque côté de l'angle inférieur. Souvent ces stomates peuvent manquer. — II. *Le rameau est aplati* (*Libocedrus*, *Thuiopsis*). — Les feuilles sont de deux sortes : les feuilles latérales, qui portent toujours des stomates ; les feuilles faciales, qui n'en portent pas toujours. Les feuilles latérales paraissent pliées en deux, l'angle inférieur est extrêmement accentué, la face supérieure n'existe pas. La face de l'angle inférieur qui regarde le sol porte un petit groupe de stomates. Des feuilles faciales : les feuilles inférieures ont deux amas de stomates symétriquement disposés de chaque côté de la nervure ; les feuilles supérieures sont dépourvues de stomates.

Dans le type *Cupressus* et dans les *Libocedrus*, la structure des stomates est la même que dans le type *Juniperus*.

Parcours des faisceaux. — Chez les *Juniperus*, le parcours des faisceaux est le même que chez les *Fitz-Roya*, les feuilles sont verticillées par trois. Il en est de même chez les *Frenela*.

Chez les *Callitris*, les feuilles sont verticillées par 2 et les verticilles sont superposés de 2 en 2. Si nous opérons comme nous l'avons fait pour *Fitz-Roya*, chaque verticille ne contient que 2 termes, soit I, II, les membres du premier verticille, soit 1, 2, les membres du verticille immédiatement au-dessus. 1 fournit deux branches à sa partie inférieure ; la branche de droite naît de la gauche du faisceau I, la branche de gauche naît de la droite du faisceau II.

(1) G. A. Pasquale, *Della eterofillia nel* Cupressus funebris. Napoli, 1872.

Chez les *Widdringtonia*, les feuilles étant disposées suivant un ordre spiral dont le cycle est 5/13, le parcours des faisceaux est le même que chez *Taxus baccata*.

Chez les *Libocedrus*, le parcours des faisceaux primaires reproduit ce que nous avons vu chez les *Callitris*.

Chez les *Biota* et les *Thuia*, le parcours des faisceaux primaires est le même que chez les *Callitris*, à cela près que chaque faisceau ne se divise pas. Supprimez les branches de droite des faisceaux des *Callitris*, et vous aurez le parcours des faisceaux des *Biota* et des *Thuia*; les feuilles sont verticillées par 2.

Chez les *Chamæcyparis*, les feuilles sont disposées suivant un ordre spiral dont le cycle est 5/13; le parcours des faisceaux primaires est le même que chez le *Widdringtonia*, et par conséquent que chez le *Taxus baccata*.

Chez les *Cupressus*, les feuilles sont verticillées par 2, et le parcours des faisceaux primaires est le même que celui des faisceaux des *Biota* et des *Thuia* (1).

Il n'y a pas lieu de rechercher les caractères que la structure anatomique des Cupressinées peut fournir pour différencier les genres et les espèces. En effet, d'un individu à l'autre, dans une même espèce; bien plus, d'un rameau à l'autre sur un même individu, la structure anatomique varie dans des limites plus étendues que les variations que l'on observe d'un genre à l'autre. Par conséquent, j'ai dû renoncer à caractériser anatomiquement (du moins par des caractères tirés seulement de la structure de la tige et de la feuille) les genres et les espèces des Cupressinées. Par cela même, j'ai dû renoncer à établir les rapports des affinités naturelles des espèces entre elles et avec leur distribution géographique.

(1) Th. Lestiboudois, *Ann. des sc. nat.*, 3e série, 1848, t. X.

CONCLUSIONS.

Nous pouvons tirer des faits que je viens d'exposer les conclusions suivantes :

Comparées aux *Conifères*, les *Gnétacées* se distinguent par la présence de gros tubes ponctués dans le bois secondaire des faisceaux de leurs tiges ; par la présence de faisceaux secondaires en dehors de l'anneau des faisceaux primaires. De plus, chaque feuille reçoit plusieurs faisceaux primaires qui restent parallèles chez les *Ephedra* et les *Welwitschia*, ou qui s'anastomosent à l'infini comme chez les *Gnetum;* enfin ces feuilles ne contiennent pas de glandes résinifères.

Comparées entre elles, nous voyons que les trois *Gnétacées* ne diffèrent pas moins par la structure de leurs organes végétatifs que par celle de leurs organes floraux. Ainsi, chez le *Welwitschia* et chez les *Gnetum*, nous trouvons des faisceaux libéroligneux secondaires en dehors du cercle des faisceaux primaires; les *Ephedra* n'ont rien de semblable. De plus, tandis que chez le *Welwitschia* chacun des faisceaux secondaires de la tige ne peut s'accroître en épaisseur, chez les *Gnetum* l'accroissement de chacun des faisceaux secondaires est indéfini. Chez le *Welwitschia*, le tronc ne se couvre jamais d'une écorce crevassée ; chez les *Ephedra* et chez les *Gnetum*, il y a du rhytidome, mais tandis que les premiers manquent de suber herbacé, les derniers en produisent constamment. Dans les *Gnetum*, les faisceaux primaires de la feuille se divisent, se ramifient, s'anastomosent, tandis que chez les *Ephedra* et le *Welwitschia* les faisceaux primaires des feuilles restent parallèles; il y en a toujours deux chez les *Ephedra;* chez le *Welwitschia*, chaque feuille en reçoit un très-grand nombre, il est vrai parallèles entre eux.

En comparant entre eux les différents groupes des Conifères, on voit que le *Salisburia* se distingue de tous les autres genres par les cellules grillagées de son liber, par ses glandes résinifères de la moelle. Le genre *Phyllocladus* se reconnaît à ses cladodes. Les *Taxinées proprement dites* et les *Podocarpées* ont un liber

formé de couches (concentriques) de cellules parenchymateuses, de cellules grillagées, de fibres libériennes et de cellules grillagées ; elles offrent du tissu réticulé de chaque côté de la nervure ; mais tandis que chez les premières il n'y a jamais de tissu de transfusion, il y en a dans la plupart des plantes du second groupe.

Les *Abiétinées* et les *Pinées* ont un liber secondaire formé de cellules grillagées disséminées sans ordre au milieu des cellules parenchymateuses ; de plus, l'oxalate de chaux forme des cristaux libres dans l'intérieur de ces cellules. Autour des faisceaux des feuilles on trouve du tissu aréolé et une gaîne bien caractérisée. Les Pinées se différencient des Abiétinées par la disposition de leurs feuilles fasciculées.

Le genre *Sciadopitys* est caractérisé par la nature spéciale de ses *aiguilles*.

Les *Séquoiées* présentent le liber des Taxinées proprement dites, et du tissu aréolé près de la nervure ; les *Cryptomeria* et les *Taxodium* sont dans le même cas. Ce dernier genre est caractérisé par ses ramules caducs.

Les *Araucariées* offrent la même structure que les Abiétinées et les Pinées, à cela près que les faisceaux des feuilles sont dépourvus de gaîne. Ces faisceaux ne sont que les branches d'un faisceau primaire unique de la feuille.

Les *Cupressinées* sont caractérisées par la présence de glandes résinifères dans leur liber secondaire, dont la structure est la même que chez les Taxinées. Près des faisceaux des feuilles on trouve un tissu intermédiaire entre l'aréolé et le réticulé.

Dans les *Gnétacées*, les trois genres *Ephedra*, *Gnetum* et *Welwitschia* forment des groupes absolument séparés. Mais si dans les *Conifères* on trouve quelques types bien caractérisés, comme les *Abiétinées*, les *Cupressinées*, les *Taxinées*, ces types sont reliés entre eux par des formes qui tiennent à la fois de l'un et de l'autre ; d'un genre à l'autre les différences sont beaucoup moins considérables que chez les Gnétacées, et cependant déjà entre deux genres les différences sont beaucoup plus considérables chez les Conifères que chez les autres Phanérogames. A côté de ces

types des Abiétinées, des Taxinées et des Cupressinées, on trouve des genres, tels que les *Salisburia*, *Phyllocladus*, *Sciadopitys*, *Fitz-Roya*, qui présentent des différences considérables sur quelques points de la structure de leurs organes végétatifs, quand on la compare à ce qu'on pourrait appeler les types normaux des autres Conifères.

Telles sont les conclusions anatomiques de ce travail ; mais on peut encore déduire de l'examen des tableaux synoptiques placés à la suite de chaque genre, qu'il y a une concordance parfaite entre la distribution géographique des espèces et leur classification naturelle.

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE 1.

Welwitschia Hook. f.

Fig. 1. Coupe transversale d'une très-jeune racine secondaire du *Welwitschia mirabilis*, 123/1.— C, centre ; *t*, trachées ; *v*, *v*, vaisseaux étroits ; *s*, *s*, fibres ligneuses aréolées ; *l*, *l*, liber secondaire ; *p*, fibres pseudo-libériennes.

Fig. 2. Coupe transversale d'une vieille racine secondaire (partie centrale), 123/1. — C, centre ; *o*, système vasculaire primaire central ; *a*, les deux premiers faisceaux libéro-ligneux secondaires de droite confondus en une seule masse ligneuse ; *b*, faisceaux libéro-ligneux secondaires ; *c*, petits cristaux d'oxalate de chaux dans les membranes des cellules du tissu fondamental ; *g*, glandes résinifères ; *s*, sclérites.

Fig. 3. Coupe transversale de la région libérienne d'un faisceau secondaire d'une racine secondaire, 236/1. — *f*, fibres ligneuses ; L, liber.

Fig. 4. Coupe transversale du suber herbacé et du liége d'une racine primaire, 236/1. — *a*, liége ; *b*, suber herbacé ; *s*, sclérites.

Fig. 5. Partie d'une figure représentant une coupe transversale d'une racine secondaire du *Welwitschia* d'après Hooker, 60/1 (*On the Welw.*, planche 12, fig. 16). — *f*, fibres ligneuses ; *l*, fibres libériennes ; *s*, sclérites.

Fig. 6. Coupe tangentielle du liber d'un faisceau libéro-ligneux secondaire d'une vieille racine primaire, 450/1. — *a*, fibres libériennes striées dans deux sens ; *b*, cellules grillagées ; *c*, parenchyme libérien ; *m*, rayon.

Fig. 7. Trachée d'une racine secondaire, 430/1.

Fig. 8. Fibre ligneuse aréolée d'une racine secondaire, 350/1.

Fig. 9. Cellule grillagée d'une racine secondaire, 700/1.

Fig. 10. Cellule réticulée de la graine protectrice des faisceaux de la feuille, 123/1.

Fig. 11. Coupe radiale du tissu fondamental de la partie supérieure de la tige montrant l'absence d'épiderme, 123/1. — *w*, face externe.

Fig. 12. Coupe radiale de la partie inférieure de la tige montrant la présence de l'épiderme *e*, et la section transversale d'un faisceau descendant, 123/1.— T, tissu fondamental; *f*, fibres ligneuses; *l*, liber ; *s*, sclérites.

Fig. 13. Cellule sclérifiée de la tige, 360/1.

Fig. 14. Cellules ligneuses des faisceaux descendants, 236/1.

Fig. 15. Coupe transversale de l'épiderme et des stomates d'une feuille, 300/1.

Fig. 16. Épiderme de la feuille, vu par la partie supérieure, 125/1.

Fig. 17. Coupe transversale de l'épiderme et du tissu fondamental sous-jacent du pédoncule floral mâle, 123/1. — *e*, épiderme; *h*, hypoderme.

Fig. 18. Coupe radiale d'un faisceau du pédoncule floral mâle, 400/1.— T, tissu fondamental; L, fibres libériennes; *g*, cellules grillagées; *c*, cellules cambiales; *f*, fibres ligneuses; *t*, trachées; P, fibres pseudo-libériennes.

PLANCHE 2.

Welwitschia Hook. et *Gnetum* Lin.

Fig. 1. Coupe transversale d'un faisceau de la feuille du *Welwitschia*, 236/1. — *l*, liber mou; *g*, gaîne protectrice ; *n*, tissu séveux; *t*, trachées; *f*, fibres ligneuses; *v*, fibres ligneuses très-grosses, à plusieurs rangs de ponctuations aréolées.

Fig. 2. Coupe transversale d'un faisceau du pédoncule floral mâle du *Welwitschia*, 123/1. — *t*, trachées; *f*, fibres ligneuses ; *l*, liber mou; L, fibres libériennes; *g*, glande (1).

Fig. 3. Trachée avec ponctuations aréolées de la tige d'un *Gnetum*, 450/1.

Fig. 4. Coupe radiale d'un faisceau primaire de la tige d'un *Gnetum*, 430/1.— *t*, trachée; *v*, vaisseau étroit; V, gros vaisseaux ponctués; *f*, fibres ligneuses.

Fig. 5. Cellules grillagées des faisceaux secondaires d'une vieille tige d'un *Gnetum*, 250/1.

Fig. 6. Épiderme supérieur (vu de face) d'une feuille du *Gnetum Gnemon*, 123/1.

Fig. 7. Épiderme inférieur (vu de face) d'une feuille du *Gnetum Gnemon*, 350/1.

Fig. 8. Coupe transversale de l'épiderme supérieur d'une feuille du *Gnetum Thoa*, 360/1.

Fig. 9. Coupes transversale et radiale de cellules libériennes du liber primaire d'une tige d'un *Gnetum*, 236/1.

Fig. 10. Coupe transversale du liége et du suber herbacé d'une vieille tige d'un *Gnetum*, 350/1.

Fig. 11. Coupe transversale d'un stomate pris sur la face inférieure de la feuille du *Gnetum ureus*, 430/1.

(1) Le centre du pédoncule floral est à gauche de la feuille.

Fig. 12. Coupe transversale du liber d'un faisceau secondaire d'une vieille tige d'un *Gnetum*, 360/1.—*a*, liber mou ; *b*, fibres libériennes ; *c*, faisceaux atrophiés ; *d*, gros vaisseaux ponctués ; *e*, cristaux dans les parois des cellules du tissu fondamental ; *f*, cellules sclérifiées ; *g*, faisceau libéro-ligneux secondaire ; *h*, tissu fondamental (1).

PLANCHE 3.

Ephedra Tournefort.

Fig. 1. Coupe transversale de l'un des faisceaux de la nervure de la feuille du *Gnetum urens*, 360/1. — *f*, fibres ligneuses ; *l*, liber.

Fig. 2. Coupe transversale de l'épiderme et de l'écorce primaire d'une tige de l'*Ephedra altissima* âgée de deux ans euviron, 300/1. — *a*, stomate ; *b*, hypoderme.

Fig. 3 (2). Coupe transversale d'un très-jeune faisceau de la tige de l'*Ephedra monostachya*, 236/1. — *t*, trachées ; *v*, vaisseaux étroits ; *f*, fibres ligneuses ; *l*, fibres libériennes.

Fig. 4. Épiderme de la tige jeune de l'*Ephedra humilis*, 200/1.

Fig. 5. Coupe transversale du suber et du vieux liber mou de l'*Ephedra altissima*, 300/1. — *p*, phellogène ; *s*, liége ; *m*, parenchyme libérien.

Fig. 6 (3). Coupe transversale du liber mou d'une très-vieille tige de l'*Ephedra altissima*, 360/1.— *f*, fibre libérienne ; *c*, cellules du parenchyme libérien ; *g*, cellule grillagée ; *r*, cellule du rayon médullaire.

Fig. 7. Coupe transversale du bois secondaire d'une très-vieille tige de l'*Ephedra altissima*, 236/1. — V, gros vaisseau ; *r*, rayon médullaire ; *f*, fibre ligneuse.

Fig. 8 (4). Coupe transversale de la partie vasculaire primaire d'un très-vieux faisceau de la tige de l'*Ephedra altissima*, 236/1. — *t*, trachées.

Fig. 9. Cellules grillagées d'un très-vieux faisceau primaire d'une vieille tige de l'*Ephedra altissima*, 400/1.

Fig. 10. Une des ponctuations grillagées latérales de la figure précédente, vue à un grossissement de 800/1.

Fig. 11. Coupe transversale d'une partie de l'écaille de l'*Ephedra distachya*, 360/1. — *f*, fibres ligneuses ; *t*, trachées ; V, gros vaisseau ponctué ; *h*, hypoderme ; *e*, épiderme de la face interne.

Fig. 12. Schéma de la coupe transversale d'une écaille de l'*Ephedra*. — *f*, *f*, les deux faisceaux.

Fig. 13. Schéma d'une partie de la coupe transversale d'une feuille du *Welwitschia*. — *f*, *f*, faisceaux parallèles non anastomosés et non ramifiés ; *h*, faisceaux d'hypoderme ; *p*, faisceaux de fibres pseudo-libériennes ; *s*, sclérites.

(1) Le centre de la tige est à droite de la feuille.

(2) Le centre de la tige est supposé en haut de la feuille.

(3) Le centre de la tige dans les figures 6 et 7 est supposé en bas de la feuille.

(4) Le centre de la tige est supposé en haut de la feuille.

Fig. 14. Schéma d'une partie de la coupe transversale d'une feuille d'un *Gnetum*. — *f, f, f*, faisceaux de différents ordres ; *p*, fibres pseudo-libériennes.

PLANCHE 4 (1).

Salisburia Smith et *Phyllocladus* L. C. Rich.

Fig. 1. Coupe transversale du système tégumentaire d'une jeune tige du *Salisburia adiantifolia*, 300/1. — *e*, épiderme ; *h*, hypoderme ; *p*, périderme ; P, phellogène ; *m*, tissu fondamental ; *g*, glande résinifère.

Fig. 2. Coupe transversale de l'étui médullaire d'une jeune tige du *Salisburia*. — *g*, glande de la moelle, 360/1 ; *t*, trachées.

Fig. 3. Coupe radiale de l'étui médullaire d'une jeune tige du *Salisburia* montrant les vaisseaux étroits compris entre les trachées et les fibres ligneuses aréolées.

Fig. 4. Schéma du parcours des faisceaux fibro-vasculaires primaires d'une jeune tige du *Salisburia*. Cette figure montre surtout le trajet du faisceau *p*, et les rapports de ce faisceau avec les faisceaux voisins.

Fig. 5. Coupe transversale du liége secondaire dans une vieille tige du *Salisburia*, 280/1. — *l*, liége ; P, phellogène ; L, liber mou.

Fig. 6. Coupe transversale du liber d'une vieille tige du *Salisburia*, 350/1.

Fig. 7. Coupe radiale du liber d'une très-vieille tige du *Salisburia*. — *g*, cellules grillagées ; *f*, fibres libériennes ; *p*, parenchyme libérien. 360/1.

Fig. 8. Une partie d'une ponctuation grillagée du *Salisburia*, vue à un grossissement de 950 diamètres. Cette ponctuation a été prise sur une cellule grillagée très-âgée.

Fig. 9. Épiderme supérieur d'une feuille du *Salisburia*, 82/1.

Fig. 10. Épiderme inférieur d'une feuille du *Salisburia*, 82/1.

Fig. 11. Coupe transversale d'une nervure de la feuille du *Salisburia*, 360/1. — *t*, trachées ; *g*, gaîne ; *l*, liber ; *f*, fibres ligneuses.

Fig. 12. Schéma de la coupe transversale d'une feuille du *Salisburia*.— *n*, nervure ; *g*, glande résinifère ; S, face supérieure ; I, face inférieure.

Fig. 13. Coupe transversale du pétiole d'une feuille du *Salisburia*, 123/1.— *m*, membrane protectrice ; *g*, glande ; *f*, faisceau dont les trachées sont en *t*.

Fig. 14. Cellule réticulée de la gaîne protectrice *m* de la figure précédente, 200/1.

Fig. 15. Coupe radiale de l'écaille du *Salisburia*, 123/1. — *g*, glande ; *c*, cristaux d'oxalate de chaux ; *l*, liége ; *e*, épiderme externe.

Fig. 16. Épiderme inférieur (vu de face) du cladode du *Phyllocladus hypophylla*, 82/1.

Fig. 17. Épiderme supérieur (vu de face) du cladode du *Phyllocladus hypophylla*, 82/1.

Fig. 18. Coupe transversale des stomates de la tige du *Phyllocladus asplenifolia*, 360/1.

(1) Dans les figures 1, 2, 5, 6, le centre de la tige est en bas de la feuille. Dans la figure 3, l'axe de la tige est à droite de la feuille. Dans les figures 11, 13, 19, la face supérieure est vers le haut de la feuille. Dans la figure 20, la face supérieure est à droite de la feuille.

Fig. 19. Coupe transversale de l'écaille du *Phyllocladus trichomanoides*, 236/1. — *f*, faisceau; *g*, glande résinifère.

Fig. 20. Coupe transversale d'une feuille du *Phyllocladus trichomanoides*, 236/1. — *f*, faisceau; *g*, glande résinifère; *t*, tissu réticulé.

PLANCHE 5 (1).

Taxus Tourn., *Torreya* Arnott, *Cephalotaxus* S. Z.

Fig. 1. Coupe transversale d'une nervure d'un cladode du *Phyllocladus hypophylla*, 236/1. — *f*, faisceau; *g*, glande; *m*, grande cellule du parenchyme.

Fig. 2. Schéma de la coupe transversale d'une tige du *Phyllocladus rhomboidalis*. — Les numéros 0, 1, 2.... indiquent l'ordre d'émergence des faisceaux.

Fig. 3. Coupe radiale de l'étui médullaire d'une jeune tige du *Taxus baccata*, 350/1. — *t*, trachées; *v*, vaisseaux étroits; *f*, fibres ligneuses.

Fig. 4. Coupe transversale du liber d'une très-vieille tige du *Taxus baccata*, 300/1. — *l*, fibre libérienne; *m*, cellule grillagée; *p*, cellule du parenchyme libérien.

Fig. 5. Coupe transversale du liber d'une très-vieille tige du *Cephalotaxus pedunculata* (pour la signification des lettres, voy. figure 4).

Fig. 6. Ponctuation grillagée d'après la figure *m*, pl. 5, des *Voll. naturgesch. der forstlichen Culturpflanzen* de M. Th. Hartig.

Fig. 7. Grillages latéraux des cellules grillagées d'une très-vieille tige du *Cephalotaxus pedunculata*, 420/1.

Fig. 8. Une ponctuation grillagée prise sur les cellules grillagées d'une vieille tige du *Taxus baccata*, 800/1.

Fig. 9. Reproduction de la figure 6, planche 9, des *Voll. naturgesch. der forstlichen Culturpflanzen* de M. Th. Hartig. — *a*, cellules grillagées; *h*, cellule libérienne non encore épaissie et dont la paroi est couverte de granulations; *hh*, épaississement cellulaire flottant dans la cavité d'une cellule dont les parois sont couvertes de granules; *i*, cellules du parenchyme libérien.

Fig. 10. Coupe transversale d'une très-grosse fibre libérienne d'une très-vieille tige du *Taxus baccata*, 950/1. — *a*, partie de la membrane qui appartient à la cellule grillagée A; *f*, fibre libérienne dont la partie externe de la paroi s'est différenciée et a pris l'aspect d'une membrane primaire; *c*, cristaux d'oxalate de chaux qui sont nés dans une *matière intermédiaire m*, laquelle est apparue dans le milieu de la lame commune à la cellule grillagée et à la fibre libérienne.

Fig. 11. Coupe transversale du liber d'une vieille tige du *Cephalotaxus pedunculata* montrant la formation du phellogène.

Fig. 12. Coupe transversale du système tégumentaire du *Torreya taxifolia*, 236/1. —

(1) Dans les figures 4, 5, 9, 11, 13, le centre de la tige est en bas. Dans les fig. 3, 1, l'axe de l'organe est à droite. Dans la figure 12, le centre de la tige est à gauche de la feuille.

e, épiderme; *l*, liége; P, phellogène; E, parenchyme herbacé; *g*, glande résinifère; L, liber.

Fig. 13. Coupe transversale du système tégumentaire du *Taxus baccata*, 236/1. — Les lettres désignent les mêmes objets que dans la figure 11.

Fig. 14. Coupe transversale (schéma) de la feuille du *Taxus baccata*. — *n*, nervure; *t*, tissu réticulé; *e*, épiderme; *p*, parenchyme en palissade.

Fig. 15. Épiderme de la bandelette du *Taxus baccata* (vu de face).

Fig. 16. Épiderme supérieur de la feuille du *Taxus baccata* (vu de face), 100/1.

Fig. 17. Coupe transversale d'un stomate de la feuille du *Taxus montana*, 430/1.

Fig. 18. Coupe transversale de l'épiderme supérieur d'une feuille du *Taxus Wallichiana*, 425/1.

Fig. 19. Coupe du bord de la feuille d'un *Taxus*, 236/1.

Fig. 20. Coupe transversale d'une nervure dans la feuille du *Taxus baccata*, 360/1. — *t*, tissu réticulé; *n*, fibres ligneuses; *l*, liber.

Fig. 21. Coupe transversale (schéma) de la feuille du *Torreya nucifera*. — Les lettres désignent les mêmes objets que dans la figure 14. *g*, glande; *s*, stomates.

Fig. 22. Partie de la bandelette d'une feuille du *Torreya taxifolia* (vue de face), 200/1.

Fig. 23. Épiderme supérieur (vu de face) de la feuille du *Torreya nucifera*, 123/1.

Fig. 24. Coupe transversale des stomates de la bandelette de la feuille du *Torreya nucifera*, 400/1.

Fig. 25. Coupe transversale de l'épiderme supérieur de la feuille du *Torreya nucifera*, 400/1.

Fig. 26. Schéma de la coupe transversale de la feuille du *Cephalotaxus Fortunei*.

Fig. 27. Épiderme de la bandelette de la feuille du *Cephalotaxus Fortunei* (vu de face), 123/1.

Fig. 28. Épiderme de la face supérieure de la feuille du *Cephalotaxus Fortunei* (vu de face), 123/1.

Fig. 29. Coupe transversale d'un stomate de la feuille du *Cephalotaxus pedunculata*, 410/1.

Fig. 30. Coupe transversale de l'épiderme supérieur de la feuille du *Cephalotaxus Fortunei*, 410/1.

PLANCHE 6 (1).

Podocarpées.

Fig. 1. Rameau du *Taxus baccata*.

Fig. 2. Coupe transversale de l'étui médullaire du *Podocarpus elongata*, 280/1.

Fig. 3. Schéma de la coupe transversale de la feuille d'un *Podocarpus*. — *a*, épiderme;

(1) Dans la figure 2, le centre de la tige est vers le bas. Dans les figures 4, 12, 14, 19, la face supérieure de l'organe est vers le haut de la feuille.

b, hypoderme; *g*, glande résinifère; *p*, parenchyme en palissade; T, tissu de transfusion; R, tissu réticulé; *n*, nervure; S, bandelette.

Fig. 4. Coupe transversale de la nervure d'une feuille du *Podocarpus elongata*. — Les lettres ont la même signification que dans la figure précédente, 360/1.

Fig. 5. Coupe transversale de la glande résinifère de la feuille du *Podocarpus glomerata*, 236/1.

Fig. 6. Coupe transversale de l'épiderme supérieur et de l'hypoderme d'une feuille du *Podocarpus macrophylla*, 310/1.

Fig. 7. Épiderme supérieur de la feuille du *Podocarpus chilina*, 123/1.

Fig. 8. Épiderme supérieur de la feuille d'un *Podocarpus ferruginea*, 236/1.

Fig. 9. Schéma de la coupe transversale d'une feuille du *Prummopitys*. — Les lettres désignent les mêmes objets que dans la figure 3.

Fig. 10. Schéma de la coupe transversale d'une feuille d'un *Polypodiopsis*. — Voyez, pour les lettres, la figure 3.

Fig. 11. Coupe transversale de l'épiderme supérieur d'une feuille du *Podocarpus andina*, 360/1.

Fig. 12. Coupe transversale de la nervure d'une feuille du *Podocarpus vitiensis*, 60/1.

Fig. 13. Schéma de la coupe transversale d'une feuille d'un *Nageia*. — Voyez, pour la signification des lettres, la figure 3.

Fig. 14. Coupe transversale d'une nervure de la feuille du *Podocarpus japonica*, 360/1. — Voyez, pour les lettres, la figure 3.

Fig. 15. Épiderme supérieur d'une feuille du *Podocarpus japonica* (vu de face), 82/1.

Fig. 16. Paroi latérale de deux cellules épidermiques de la feuille du *Podocarpus Blumei*, vue par la partie supérieure, 480/1.

Fig. 17. Schéma de la coupe transversale d'une feuille d'un *Dacrydium*. — Voyez, pour la signification des lettres, la figure 3.

Fig. 18. Épiderme de la feuille du *Podocarpus cupressina* (vu par sa face externe), 123/1.

Fig. 19. Coupe transversale de la nervure d'une feuille de *Podocarpus dacrydioides*, 360/1.

Fig. 20. Coupe transversale de l'épiderme supérieur d'une feuille du *Podocarpus japonica*, 200/1.

Fig. 21. Coupe transversale des cellules de l'épiderme du *Podocarpus elatum*, 500/1.

PLANCHE 7 (1).

Abiétinées et Pinées.

Fig. 1. Coupe transversale de l'étui médullaire d'un jeune *Tsuga Hookeriana*, 360/1. — T, trachées; F, fibres ligneuses; R, rayon médullaire.

(1) Dans toutes les figures relatives à la tige, le centre de cet organe est vers le bas de la feuille.

Fig. 2. Coupe transversale d'une glande de l'étui médullaire du *Pinus Cembra*, 360/1. — *g*, glande; *t*, trachées; F, fibres ligneuses.

Fig. 3. Coupe transversale de la zone cambiale du *Pinus Strobus*, montrant la formation des glandes résinifères du bois secondaire, 360/1. — G, glandes; F, fibres ligneuses; L, liber mou.

Fig. 4. Coupe transversale de la zone cambiale du *Pinus Strobus*, montrant un rayon médullaire secondaire transformé en tissu glanduleux, 400/1. — L, cambium; M, rayon médullaire; F, fibres ligneuses; *r*, globules de résine.

Fig. 5. Coupe transversale du vieux liber secondaire du *Pinus Strobus*, 360/1. — A, parenchyme libérien; en C, les cellules de ce tissu contiennent des cristaux; B, cellules grillagées; M, rayon médullaire.

Fig. 6. Coupe transversale du liége secondaire du *Pinus Pinaster*, 360/1.—A, cellules du liége à parois fortement épaissies; B, liége; P, phellogène; M, cellules du parenchyme libérien et cellules des rayons médullaires secondaires; C, cellules grillagées.

Fig. 7. Coupe transversale des cellules du liége secondaire de l'*Abies Gordoniana*, montrant les épaississements singuliers des faces externes des cellules, 360/1.

Fig. 8. Coupe transversale du liége secondaire de l'*Abies pectinata*, 123/1.—L, liége; P, phellogène; S, suber herbacé.

Fig. 9. Coupe transversale du liége primaire du *Pinus monophylla*, 236/1.— E, épiderme; L, liége et phellogène; T, tissu fondamental.

Fig. 10. Rameau du *Tsuga canadensis* (g. n.).

Fig. 11. Rameau du *Pseudotsuga Douglasii* (g. n.).

Fig. 12. Rameau du *Picea excelsa* (g. n.).

Fig. 13. Rameau de l'*Abies Pinsapo* (g. n.).

Fig. 14. Rameau du *Cedrus Deodara* (g. n.), pousse courte allongée en pousse terminale.

Fig. 15. Rameau du *Pinus Pinea* très-jeune; il n'a encore que de petites feuilles écailleuses (g. n.).

Fig. 16. Rameau du *Pinus Cembra* ayant à la fois des feuilles fasciculées et des feuilles simples (g. n.).

Fig. 17. Coupe transversale d'un stomate de la feuille du *Pinus Pinea*, 360/1.

Fig. 18. Coupe transversale de l'épiderme supérieur d'une feuille de l'*Abies pectinata*, 360/1.

Fig. 19. Coupe transversale de l'épiderme du bord de la feuille du *Pinus Pinaster*, 360/1.

Fig. 20-25. Passage des faisceaux primaires de la tige dans la feuille et dans l'aiguille du *Pinus monophylla*.—*p*, faisceau se rendant à la feuille; dans l'aisselle de celle-ci apparaît le système M 13, M 8 de la pousse courte. $p + 13$ et $p + 8$ sont les faisceaux de la tige qui fournissent M 13 et M 8. *x*, *y*, trace horizontale du plan vertical d'émergence du faisceau *p*; *o*, axe du système M 13, M 8. — Dans la figure 20, M 13 et M 8 se séparent de l'anneau ligneux. — Fig. 21, 22, les deux masses M 13 et M 8 s'orientent par rapport au centre *o*. — Fig. 23, 24, 25, le cylindre ligneux M 13, M 8 s'ouvre suivant le rayon *oy* et s'étale sur le plan tangent perpendiculaire au rayon *ox*.

PLANCHE 8 (1).

Abiétinées.

Fig. 1. Coupe transversale de la nervure d'une feuille du *Tsuga canadensis*, 360/1. G, glande résinifère ; *g*, gaîne ; T, tissu aréolé.

Fig. 2. Schéma de la coupe transversale d'une feuille d'un *Tsuga*. — E, épiderme ; H, hypoderme ; S, stomates. Pour les autres lettres, voyez fig. 1.

Fig. 3. Épiderme supérieur de la feuille du *Tsuga canadensis*, 120/1.

Fig. 4. Épiderme de la bandelette de la feuille du *T. canadensis*, 120/1.

Fig. 5. Coupe transversale de la nervure d'une feuille de l'*Abies bracteata*. — Voyez, pour la signification des lettres, fig. 1, 360/1.

Fig. 6. Schéma de la coupe transversale d'une feuille d'un *Abies*. — Voyez, pour la signification des lettres, fig. 1. 6, α, glande résinifère ; β, glandes hypodermiques ; α, glandes parenchymateuses.

Fig. 7. Épiderme supérieur d'une feuille de l'*Abies Pinsapo*, 200/1.

Fig. 8. Épiderme inférieur d'une feuille de l'*A. cephalonica*, 200/1.

Fig. 9. Coupe transversale de la nervure d'une feuille du *Pseudotsuga Davidiana*, 360/1. — Voyez, pour la signification des lettres, la fig. 1.

Fig. 10. Schéma d'une coupe transversale de feuille d'un *Pseudotsuga*. — Voyez, pour la signification des lettres, la fig. 1.

Fig. 11. Coupe transversale d'une feuille du *Picea excelsa*, 360/1. — Voyez, pour la signification des lettres, la fig. 1.

Fig. 12. Schéma de la coupe transversale d'une feuille du *Picea*. — Voyez, pour la signification des lettres, la fig. 1.

Fig. 13. Section longitudinale d'une feuille du *Picea excelsa*, 360/1. — F, cellules du tissu fondamental de la feuille épaissie ; H, hypoderme ; E, épiderme ; T, tissu fondamental de la tige.

Fig. 14. Section transversale d'une glande du *Picea excelsa*, 360/1. — E, épiderme ; H, hypoderme ; G, glande.

Fig. 15. Schéma d'une coupe transversale d'une feuille d'un *Cedrus*. — Voyez, pour l'explication des lettres, la fig. 1.

Fig. 16. Coupe transversale d'une nervure de la feuille du *Larix americana*, 360/1. — Voyez, pour l'explication des lettres, la fig. 1.

Fig. 17. Schéma de la coupe transversale d'une feuille d'un *Larix*. — Voyez, pour l'explication des lettres, la fig. 1.

Fig. 18. Coupe transversale du bord d'une feuille du *Larix europea*, 360/1. — *a*, glande ; H, hypoderme ; E, épiderme ; T, tissu fondamental.

(1) Toutes les coupes transversales de nervures sont placées en supposant la face supérieure de la feuille vers le haut de la feuille.

Fig. 19. Coupe transversale d'une feuille du *Picea polita*, 360/1. — Voyez, pour l'explication des lettres, fig. 1. θ, tissu fondamental.

PLANCHE 9 (1).

Pinées.

Fig. 1. Coupe transversale d'une écaille du *Pinus Strobus*, 360/1. — e'', épiderme et hypoderme de la face externe; e', épiderme de la face interne; n, nervure; t, tissu fondamental.

Fig. 2. Coupe transversale du tissu fondamental des feuilles fasciculées des *Pinus*, 236/1.

Fig. 3. Coupe transversale de la nervure de la feuille du *P. Pinaster*, 360/1.

Fig. 4. Schéma de la coupe transversale d'une feuille fasciculée d'un *Pinus* (*Pinaster*). — S, stomates; E, épiderme et hypoderme; P, tissu fondamental plissé; G, glande résinifère; g, gaîne; n, faisceaux.

Fig. 5. Coupe transversale d'une nervure de l'aiguille du *Pinus monophylla*, 360/1.

Fig. 6. Schéma de la coupe d'une aiguille du *Pinus monophylla*. — Voyez la signification des lettres, fig. 4.

Fig. 7. Coupe transversale schématique d'une feuille fasciculée d'un *Pinus* (*Tæda*). — Voyez, pour les lettres, la fig. 4.

Fig. 8. Coupe transversale schématique d'une feuille simple d'un *Pinus* (*Cembra*). — Voyez, pour les lettres, la fig. 4.

Fig. 9. Schéma de la coupe transversale d'une feuille d'un *Pinus* (*Strobus*). — Voyez, pour les lettres, la fig. 4.

Fig. 10. Coupe transversale d'une nervure de la feuille d'un *Pinus Strobus*, 360/1.

Fig. 11. Schéma de la coupe transversale d'une feuille d'un *Pinus* (*Pseudostrobus*). — Voyez, pour les lettres, la figure 4.

Fig. 12. Coupe transversale de la nervure d'une feuille du *Pinus occidentalis*, 360/1.

PLANCHE 10.

Sciadopitys verticillata S. Z.

Fig. 1. Coupe transversale de l'écorce d'une jeune tige du *Sciadopitys verticillata*, 360/1.—E, épiderme; H, hypoderme; G, glande résinifère de l'hypoderme; L, liége; P, phellogène; T, parenchyme herbacé; M, rayon médullaire; A, liber mou; C, cambium; F, fibres ligneuses.

Fig. 2. Coupe transversale du bord de l'écaille du *Sciadopitys*, 360/1. — e, épiderme; h, hypoderme.

(1) Dans les figures 3, 5, 10, la face supérieure de l'organe est supposée en haut de la feuille de papier. Dans la figure 12, elle est supposée à droite.

Fig. 3. Coupe transversale de la partie médiane d'une écaille du *Sciadopitys*, 123/1. — *n*, faisceau; *g*, glande; *e*, épiderme; *h*, hypoderme.

Fig. 4. Partie inférieure d'une coupe transversale d'une aiguille du *Sciadopitys*, 123/1. — *n*, faisceau; T, tissu aréolé; *g*, gaîne; O, tissu fondamental; *s*, stomates; *h*, hypoderme; *e*, épiderme.

Fig. 5. Coupe transversale du système vasculaire d'une aiguille et de l'écaille à l'aisselle de laquelle elle doit naître, 360/1. — A, faisceau de la feuille; B et C, faisceaux de l'aiguille; G, glande résinifère qui va passer dans l'écaille où se rend le faisceau A; X Y, trace du plan vertical d'émergence du faisceau A; O, centre du système vasculaire de l'aiguille.

Fig. 6. Coupe transversale d'une tige du *Sciadopitys*, d'après M. Strasburger (voy. *Die Gnetaceen und die Coniferen*, pl. 26, fig. 5).

Fig. 7. Cellule rameuse du parenchyme fondamental de l'aiguille du *Sciadopitys*, 230/1.

Fig. 8. Épiderme supérieur d'une aiguille du *Sciadopitys*, 236/1.

Fig. 9. Épiderme de la bandelette d'une aiguille du *Sciadopitys* (vu de face), 236/1.

Fig. 10. Coupe transversale d'un stomate du *Sciadopitys*, 360/1.

Fig. 11. Coupe longitudinale d'un stomate du *Sciadopitys*, 360/1.

Fig. 12. Schéma d'une coupe transversale d'une aiguille du *Sciadopitys*. — F, faisceaux; G, gaîne; *g*, glande résinifère; S, stomates, bandelette et sillon de la face inférieure; *s*, sillon de la face supérieure.

Fig. 13. Rameau du *Sciadopitys* (g. n.).

PLANCHE 11.

Séquoiées, *Araucariées*.

Fig. 1. Coupe tangentielle du vieux liber secondaire du *Cunninghamia sinensis*, traitée par l'acide chlorhydrique, 360/1.

Fig. 2. Cellule grillagée du *Cunninghamia*, 400/1.

Fig. 3. Épiderme des bandelettes du *C. sinensis*, 360/1.

Fig. 4. Feuilles fasciculées du *C. sinensis*, 3/1.

Fig. 5. Rameau du *C. sinensis* portant plusieurs faisceaux de feuilles fasciculées (g. n.).

Fig. 6. Schéma d'une coupe transversale d'une feuille normale d'un *Cunninghamia*. — E, épiderme; H, hypoderme; P, parenchyme en palissade; P', fibres hypodermiques; *p*, parenchyme rameux; *s*, stomates; G, glande résinifère; T, tissu aréolé.

Fig. 7. Rameau du *Sequoia gigantea* (g. n.).

Fig. 8. Épiderme supérieur de la feuille du *S. sempervirens*, 123/1.

Fig. 9. Schéma de la coupe transversale d'une feuille normale du *S. sempervirens*. — Voyez, pour les lettres, la figure 6.

Fig. 10. Schéma de la coupe transversale d'une feuille normale du *S. gigantea*. — Voyez, pour les lettres, la figure 6.

Fig. 11. Stomate vu de face de la feuillle du S. *gigantea*, 123/1.

Fig. 12. Schéma de la coupe transversale d'une feuille d'un *Arthrotaxis*. — Voyez pour les lettres, la figure 6.

Fig. 13. Épiderme inférieur d'une feuille de l'*Arthrotaxis laxifolia*, 236/1.

Fig. 14. Stomate de la feuille de l'*Arthrotaxis laxifolia*, vu de face, 360/1.

Fig. 15. Schéma de la coupe transversale d'une feuille d'un *Colymbea*. — Voyez, pour les lettres, la figure 6.

Fig. 16. Schéma de la coupe transversale d'une feuille d'un *Eutacta*. — Voyez, pour les lettres, la figure 6. P′ désigne ici des sclérites.

Fig. 17. Coupe transversale d'une nervure de l'*Araucaria Cunninghami*, 360/1.

Fig. 18. Schéma de la coupe transversale d'une vieille feuille d'un *Altingia*. — Voyez, pour les lettres, la figure 6.

PLANCHE 12.

Cupressinées.

Fig. 1. Coupe transversale d'une nervure du *Dammara Brownii*, 360/1.

Fig. 2. Stomates d'une feuille du *Dammara orientalis*, 360/1.

Fig. 3. Épiderme supérieur d'une feuille du *D. Brownii*, 123/1.

Fig. 4. Épiderme supérieur d'une feuille du *D. Morii*, 85/1.

Fig. 5. Épiderme de la bandelette de la feuille du *Cryptomeria*, 200/1.

Fig. 6. Schéma de la coupe transversale d'une feuille du *Cryptomeria*. — E, épiderme; H, hypoderme; S, stomates; G, glande; T, tissu aréolé.

Fig. 7. Schéma de la coupe transversale d'une feuille du *Fitz-Roya*. — Voyez, pour les lettres, la figure 6.

Fig. 8. Coupe radiale du liber secondaire du *Fitz-Roya*, 360/1.

Fig. 9. Coupe transversale du liber secondaire du *Fitz-Roya*, 236/1.

Fig. 10. Schéma du parcours des faisceaux primaires de la tige du *Fitz-Roya*.

Fig. 11. Schéma de la coupe transversale d'une feuille du *Juniperus*. — Voyez, pour l'explication des lettres, la figure 6.

Fig. 12. Coupe transversale d'une glande libérienne du *Cupressus communis*, 360/1. — G, G, glande; L, fibres libériennes; C, C, cellules grillagées. La coupe a été traitée par l'acide chlorhydrique.

Fig. 13. Schéma de la coupe transversale de la racine du *Welwitschia mirabilis*. — C, centre; *p*, *p*, faisceaux vasculaires primaires; *s*, *s*, les quatre faisceaux secondaires libéro-ligneux du premier ordre; *s′*, *s′*, les faisceaux secondaires du second ordre; *s″*, *s″*, les faisceaux du troisième ordre; *p*, phellogène. La partie des faisceaux la plus sombre représente la partie ligneuse; la partie claire représente la région libérienne; G, glande résinifère.

Fig. 14. Schéma de la coupe longitudinale d'une tige du *Welwitschia mirabilis*. — *f*, feuille; M, faisceau médian; A, *a*, *a*, *a*, faisceaux ascendants; D, faisceaux des-

cendants; *d*, les anastomoses de ces faisceaux; *z*, zone cambiale. Le gros trait noir qui va de *y* en *r* représente l'épiderme ; *c*, *c*, partie dure qui doit sa consistance aux nombreuses sclérites qui y sont contenues ; ? ? région centrale dont la structure est inconnue.

Fig. 15. Schéma de la coupe transversale d'une tige d'un *Gnetum*. — C, centre ; M, moelle ; T, trachées ; *p*, faisceaux primaires ; *s*, faisceaux secondaires du premier ordre ; *s'*, *s''*, faisceaux secondaires du deuxième et du troisième ordre ; P, phellogène ; B, bois ; L, liber de chaque faisceau ; V, gros vaisseaux ponctués.

Fig. 16. Schéma de la coupe transversale d'une tige d'*Ephedra*. C, centre ; M, moelle ; T, trachées ; V, gros vaisseaux ponctués ; B, bois ; L, liber ; *l*, *l*, phellogène.

Fig. 17. Schéma de la coupe transversale d'une tige d'un *Pinus*. C, centre ; M, moelle ; T, trachées ; B, bois ; L, liber ; G, glandes résinifères du bois ; G''', glandes résinifères du liber ; G'', glandes résinifères de l'écorce ; *l*, *l*, phellogène.

Fig. 18. Schéma de la coupe transversale d'une tige de *Taxinée*. — Pour la signification des lettres, voyez la figure 17, G', glande résinifère de la moelle du *Salisburia*.

RECHERCHES

SUR LES VÉGÉTAUX SILICIFIÉS D'AUTUN

ÉTUDE DU GENRE *MYELOPTERIS*

Par M. B. RENAULT (1).

Dans son ouvrage intitulé *Dendrolithen* (page 58), Cotta a réuni dans son genre *Medullosa* trois sortes de tiges, savoir : 1° le *Medullosa elegans ;* 2° le *Medullosa porosa ;* 3° le *Medullosa stellata*.

Le *Medullosa porosa* n'a pas été retrouvé depuis Cotta, et on ne le connaît que par le peu qu'en a dit ce savant.

Quant aux deux autres, les différences profondes de leur partie centrale et de leur partie ligneuse ou corticale ont porté M. Brongniart, dans son *Tableau des genres des plantes fossiles*, en 1849, à en former deux genres distincts, le *Myeloxylon* et le *Medullosa stellata*.

M. Göppert, dans sa *Flore fossile permienne* (1865), plaça, comme l'avait déjà fait M. Brongniart, dans deux genres distincts, ces deux tiges, qu'il désigne sous les noms de *Medullosa stellata* et de *Stenzelia elegans.* Il rapproche le premier de ces genres des Cycadées ; quant au second, il en fait un végétal *prototype*, dans lequel il croit reconnaître réunis les trois grands types de la végétation actuelle ; au centre, il trouve l'organisation des Fougères, à la périphérie celle des *Dracæna*, et les éléments ligneux, en se disposant en lames rayonnantes, lui rappellent la disposition des fibres ligneuses des Gymnospermes.

Les échantillons de *Medullosa* trouvés à Autun par M[gr] Landriot et déposés entre les mains de M. Brongniart, ceux que j'ai pu recueillir également, étant plus complets que ceux récoltés en Allemagne, il y avait quelque intérêt à étudier de nouveau ces plantes extraordinaires, et c'est le résultat de ces recherches que je viens prier l'Académie de vouloir bien accueillir.

Deux échantillons de *Medullosa elegans* de Chemnitz, envoyés au Muséum par Cotta lui-même, ont servi à la comparaison ; de

(1) *Comptes rendus*, 26 janvier 1874, t. LXXIII, p. 257.

plus les détails grossis, figurés par Cotta et surtout par M. Göppert, rendent hors de doute l'identité des tiges allemandes et françaises, désignées sous les noms de *Medullosa elegans*, de *Myeloxylon* et de *Stenzelia elegans*. Un échantillon resté *unique* jusqu'à présent, figuré par Cotta et présentant *en un point* de la périphérie deux anneaux ligneux extérieurs concentriques, offrirait quelque incertitude qui ne pourrait disparaître que par un examen attentif et plus approfondi de l'échantillon lui-même.

Pour conserver le nom, premier en date, donné par M. Brongniart à ces portions de plantes, et en même temps pour rappeler leur nature, je les désignerai sous le nom de *Myelopteris*.

Sur une coupe transversale, les *Myelopteris* offrent une moelle centrale volumineuse, formée de cellules polyédriques ou arrondies, parcourue par des faisceaux vasculaires renfermés dans une gaîne de tissu cellulaire formé lui-même de cellules plus petites et plus allongées que celles du parenchyme environnant. En même temps que les faisceaux vasculaires, se trouvent renfermés, dans cette espèce de gaîne, deux ou plusieurs canaux gommeux. Le faisceau vasculaire est entouré, du côté du centre, par une deuxième gaîne *incomplète* de tissu fibreux.

Les faisceaux vasculaires sont *uniquement* formés de vaisseaux scalariformes et de trachées. La disparition des cellules, qui primitivement ont formé les canaux gommeux, donne naissance à des cavités en contact avec les faisceaux vasculaires. Ces cavités, reconnues également dans le *Palmacites carbonigenus* et le *P. leptoxylon* par Corda, auraient été occupées, d'après ce savant, par un tissu ligneux détruit, mais non constaté. L'identité de structure de ces *Palmacites* avec les pétioles de *Myelopteris* me fait croire que ces plantes ne sont que des pétioles décortiqués de *Myelopteris*, et qu'on ne peut déduire de leur présence dans le terrain houiller l'existence des Palmiers à cette époque. Les faisceaux vasculaires sont disposés en lignes circulaires concentriques plus ou mois nombreuses suivant la grosseur du pétiole ; on ne peut cependant méconnaître un plan vertical de symétrie dans ceux qui n'ont pas été déformés et qui trahit leur origine pétiolaire.

La masse du parenchyme est traversée également par des faisceaux *fibreux* à section lunulée, circulaire, elliptique, réniforme, accompagnée presque toujours d'un canal gommeux. Plus nombreux à la périphérie qu'au centre, leur groupement par bandes rayonnantes, ou leur isolement sans ordre apparent, dans le tissu cellulaire, a permis de constituer les deux espèces suivantes : *Myelopteris radiata*, *Myelopteris Landrioti*, qui comprennent un certain nombre de variétés. Ce sont ces faisceaux uniquement fibreux qui ont été régardés par M. Göppert comme des faisceaux de bois de Dicotylédones.

Des canaux gommeux, semblables à ceux qui accompagnent les faisceaux fibreux, s'élèvent aussi de bas en haut à travers la moelle ; ils sont plus nombreux au centre qu'à la périphérie, à l'encontre des faisceaux fibreux.

A la surface des pétioles des *Myelopteris*, se trouve un épiderme, formé de cellules à section quadrangulaire et muni d'ouvertures disposées assez régulièrement, paraissant avoir été occupées par des stomates.

Dans le *Myelopteris radiata*, les rachis secondaires sont obliques par rapport au rachis principal ; dans le *Myelopteris Landrioti*, ils ont au contraire une direction perpendiculaire.

La simplicité de composition des faisceaux fibreux, leur non-entrecroisement dans l'intérieur de la tige, exclut toute idée de rapprochement avec les plantes monocotylédones.

L'absence complète de vaisseaux ou de fibres reticulés et ponctués, dans les faisceaux fibreux ou vasculaires, empêche de rapprocher ces pétioles de ceux des Cycadées.

Au premier abord, les Fougères, dont les pétioles ne présentent en général qu'un nombre très-limité de faisceaux vasculaires, entourés chacun d'une gaîne d'un tissu dur et compacte, semblent également s'en éloigner ; mais cependant nous trouvons dans une tribu de cette famille une organisation très-analogue, c'est celle des Marattiées.

Sur une section horizontale, faite vers la base d'un gros pétiole d'*Angiopteris*, l'aspect général est celui d'un pétiole de *Myelopteris*. En effet, mêmes cercles concentriques de faisceaux vasculaires entourés d'une gaîne de cellules petites et

serrées; même structure dans le faisceau vasculaire, qui n'est formé que de vaisseaux scalariformes et de trachées, et de quelques *lacunes* gommeuses, lacunes gommeuses dispersées dans le parenchyme médullaire. Cependant on ne distingue, à l'intérieur de la moelle, aucun faisceau fibreux; mais il existe aussi des *Myelopteris* offrant cette particularité. A la périphérie, se voient quelques faisceaux fibreux isolés, accompagnés d'une lacune gommeuse sans parois propres.

La partie corticale fibreuse présente un cercle extérieur, continu ordinairement et parsemé de lacunes gommeuses. Dans les *Myelopteris*, nous avons vu cette partie formée de bandes ou d'îlots isolés, séparés par du tissu cellulaire; mais cette différence ne peut être considérée comme ayant une importance très-grande, car nous voyons les pétioles de *Cycas revoluta* offrir à la circonférence un cercle fibreux continu, comme ceux des *Danæa*, *Angiopteris*, etc.; tandis que, dans les pétioles de l'*Encephalartos Alstensteini*, la même partie est divisée en îlots séparés par un tissu cellulaire, comme dans les pétioles de *Myelopteris Landrioti*.

De plus, le nombre de feuilles de Fougères fructifiées offrant le caractère des Marattiées, et trouvées accompagnant les pétioles de *Myelopteris* d'Autun et de Saint-Étienne, est considérable. Par des rapprochements successifs de parties ordinairement séparées, M. Grand'Eury est même arrivé à rapporter les pétioles de *Myelopteris*, qu'on trouve en grand nombre dans la houille, aux Névroptéridées, qui comprennent les *Nevropteris*, les *Odontopteris*, etc.

D'après ce qui précède, il est donc à peu près certain que ces pétioles de *Myelopteris* sont des pétioles de Fougères ayant eu le mode de croissance et le port actuel de nos *Angiopteris*, dont ils différaient pourtant à certains égards, et l'on peut les considérer comme ayant formé un genre d'une grande importance à l'époque carbonifère, mais actuellement complétement éteint, que l'on doit ranger dans la famille des Marattiées.

RAPPORT

SUR UN MÉMOIRE DE M. B. RENAULT

INTITULÉ :

ÉTUDE DU GENRE *MYELOPTERIS*

Par M. A. BRONGNIART (1).

Les nouvelles recherches de M. Renault sur les végétaux silicifiés d'Autun ont porté sur un groupe de plantes considérées comme des tiges de Monocotylédones, mais dont l'organisation n'était, jusqu'à ce jour, connue que très-imparfaitement. Ces plantes furent rapportées par Cotta, en 1832, à un genre de tige nommé par lui *Medullosa*, sous le nom spécifique de *Medullosa elegans ;* mais les différences notables que cette espèce présentait relativement aux deux autres *Medullosa* l'avaient fait considérer par votre rapporteur, en 1849, comme un genre spécial, sous le nom de *Myeloxylon*.

Ces fossiles, qui paraissent rares dans les terrains houillers et permiens de l'Allemagne, ont été cependant l'objet des études de M. Göppert dans son grand ouvrage sur les terrains permiens (1865); mais il arrivait à cette conclusion assez singulière, que ces tiges, car il les considérait toujours comme telles, devaient appartenir à des végétaux participant à l'organisation des Monocotylédones, des Dicotylédones gymnospermes et des Fougères ; il en formait ainsi un genre spécial sous le nom de *Stenzelia*, sans se préoccuper du nom de *Myeloxylon* déjà donné à ces végétaux quinze ans auparavant.

Tel était l'état de nos connaissances sur ce sujet, lorsqu'il y a deux ans M. Renault a entrepris l'étude des fossiles de ce genre qui se trouvent en grand nombre parmi les végétaux silicifiés des environs d'Autun.

(1) *Comptes rendus*, t. LXXIII, p. 879 (30 mars 1874).

Grâce aux échantillons variés et souvent très-complets qu'il a recueillis, ou qui lui ont été communiqués par de savants collecteurs d'Autun et par le Muséum de Paris, il a pu en faire une étude beaucoup plus approfondie et arriver à des conclusions très-différentes de celles de ses devanciers.

Il est inutile de répéter dans ce rapport les détails de structure de ces fossiles déjà indiqués dans l'analyse du Mémoire de M. Renault, inséré dans le *Compte rendu* de la séance du 26 janvier dernier, en même temps que ce savant déposait le Mémoire détaillé, accompagné de figures nombreuses, dont nous rendons compte en ce moment à l'Académie. Toutes les observations de l'auteur sont d'une parfaite exactitude, et nous voulons seulement faire ressortir l'importance des conclusions qui en découlent. D'après les recherches de M. Renault, les prétendues tiges fossiles désignées par Cotta sous le nom de *Medullosa elegans* ne sont pas des tiges, c'est-à-dire des axes végétaux.

Aucun des faisceaux vasculaires qu'elles renferment, et qui, au premier aspect, rappellent à beaucoup d'égards ceux des tiges des Monocotylédones, ne se porte vers la surface extérieure pour pénétrer dans des organes appendiculaires; nulle part on n'observe l'entrecroisement de ces faisceaux, dont la marche a été si bien exposée par Mohl dans son *Anatomie des tiges de Palmiers;* enfin la surface externe de ces prétendues tiges, que M. Renault a pu étudier encore recouverte d'épiderme, n'a jamais présenté la plus légère cicatrice d'insertion d'organes appendiculaires.

Les faisceaux vasculaires dispersés dans le tissu cellulaire, qui en occupe tout l'intérieur, s'élèvent tous parallèles entre eux; ils n'ont pas l'organisation de ceux des Palmiers et des autres Monocotylédones, mais ils rappellent ceux de certaines Fougères; en outre la zone externe, composée de faisceaux fibreux fort différents des précédents, quoique formant souvent des lames rayonnantes, n'a cependant aucune ressemblance avec la zone ligneuse des tiges des Dicotylédones.

De tous ces caractères, et surtout du premier, il résultait que ces fossiles n'appartenaient pas à des tiges, mais plutôt à des pétioles. La structure des faisceaux vasculaires indiquait leur

rapport avec ceux des Fougères, et c'est en effet avec des plantes de cette famille que M. Renault a trouvé les analogies les plus frappantes.

Les pétioles des Fougères de la tribu des Marattiées, ceux surtout des *Angiopteris*, dont on cultive maintenant plusieurs espèces dans les serres du Muséum, différents à beaucoup d'égards de ceux des autres Fougères, offrent en effet, par leur grande dimension et leur structure interne, une analogie remarquable avec les fossiles qui nous occupent. C'est ce qui a déterminé M. Renault à donner à ces pétioles le nom de *Myelopteris*, légère modification du nom de *Myeloxylon*, qui met ce nom en rapport avec ceux déjà donnés à divers genres qui désignent des pétioles pétrifiés de Fougères.

Cette analogie des *Myelopteris* avec des pétioles des Marattiées est encore confirmée : 1° par le mode de division observé dans quelques cas sur des rachis principaux donnant naissance à des rachis secondaires ou latéraux dirigés comme dans les frondes des Fougères ; 2° par la présence dans les schistes houillers de Saint-Étienne d'énormes pétioles aplatis, se ramifiant ensuite latéralement et composés de faisceaux fibro-vasculaires très-nombreux à l'état charbonné ; 3° par l'existence dans ces mêmes terrains d'un grand nombre de Fougères que leur fructification rapporte à la tribu des Marattiées. Remarquons cependant que ces pétioles de *Myelopteris* diffèrent assez de ceux des Marattiées actuelles pour montrer qu'ils proviennent de plantes génériquement différentes des *Marattia*, *Angiopteris* et autres genres vivant maintenant à la surface du globe.

Si l'on compare, en outre, la structure des tiges fossiles des mêmes terrains attribuées par Corda à des Palmiers sous les noms de *Palmacites carbonigenus* et de *Palmacites leptoxylon*, on voit que ces fossiles, dans leur état imparfait, ont cependant beaucoup plus d'analogie par leur organisation avec les *Myelopteris* qu'avec des tiges de Palmiers, et l'on arrive à en conclure que ces tiges qu'on regardait comme les seuls indices de végétaux monocotylédonés à l'époque houillère, étant exclues de cette classe et rapportées à la famille des Fougères, on n'a plus aucun indice de

l'existence des Monocotylédones à cette époque géologique, c'est-à-dire à la fin de la période houillère.

Ces résultats sont confirmés par les observations que nous citions plus haut de M. Grand'Eury sur les pétioles de grandes Fougères (*Neuropteris*, *Odontopteris*) trouvés à l'état charbonné dans les schistes du terrain houiller de Saint-Étienne, et constitués par de nombreux faisceaux fibro-vasculaires.

Ils le sont également par les études encore inédites de M. Williamson, de Manchester, qui, après avoir reçu l'extrait, inséré dans les *Comptes rendus*, du Mémoire qui nous occupe, annonce dans une lettre adressée à M. Renault qu'il a fait une communication sur le même sujet à la réunion de l'Association britannique de Bradford, dans le mois de septembre 1873, communication qui n'est pas encore imprimée et ne paraîtra qu'avec le Rapport annuel de cette session de l'Association. M. Williamson, d'après l'examen de divers échantillons des mines d'Oldham, paraît être arrivé aux mêmes conclusions que M. Renault sur l'analogie de ces tiges avec les pétioles des Marattiées.

On voit que, par des recherches complétement indépendantes, portant sur des matériaux différents, d'habiles observateurs, arrivant aux mêmes résultats, donnent ainsi une grande force aux conclusions semblables qu'ils en tirent, et, comme le dit M. Williamson dans sa Lettre, donnent le coup de grâce à l'hypothèse de l'existence des Monocotylédones à cette époque.

Cette conclusion a une assez grande importance dans l'histoire du développement du Règne végétal, pour que nous n'hésitions pas à demander à l'Académie de voter, comme elle l'a déjà fait pour un mémoire précédent de ce savant, l'insertion du mémoire de M. Renault dans le *Recueil des savants étrangers*.

RECHERCHES

SUR L'ACCROISSEMENT TERMINAL DES RACINES

DANS LES PHANÉROGAMES

Par M. Ed. DE JANCZEWSKI.

Mémoire lu à l'Académie des sciences de Cracovie, le 20 janvier 1874 (1).

La méthode de soumettre un organe à une stricte analyse histogénique étant de date très-récente, il est évident que nos connaissances sur l'accroissement terminal et l'histogénie de la racine des Phanérogames ne peuvent être encore complétement satisfaisantes. Les travaux antérieurs ont donc beaucoup perdu de leur valeur primitive; et ce n'est, en effet, que dans les mémoires publiés dans ces années dernières que nous pouvons trouver des idées qui répondent plus ou moins aux exigences de la science actuelle. Ce motif est suffisant pour nous dispenser de discuter les travaux antérieurs, et de nous permettre d'indiquer seulement les observations dont les résultats peuvent être comparés aux nôtres.

Nous pouvons d'abord signaler le mémoire de MM. Nägeli et Leitgeb (2) comme un des plus importants sur le sujet qui nous occupe. Quoique ces savants se soient tout spécialement occupés du mode d'accroissement des racines dans les Archégoniates vasculaires, néanmoins nous trouvons dans leur travail des données toutes nouvelles concernant surtout les radicelles des Angiospermes. Ils ont démontré que le tissu de la radicelle naissante se développe aux dépens du péricambium, tandis que leur coiffe

(1) Comp. *Mémoires de l'Académie des sciences de Cracovie*, vol. I, 1874.

(2) *Entstehung und Wachsthum der Wurzeln*, in C. Nägeli's *Beiträge zur wissenschaftlichen Botanik*. Heft IV, 1868.

est engendrée par la couche protectrice qui n'est autre chose que la couche intérieure de l'écorce (*Pontederia crassipes*, *Oryza sativa*, *Veronica Beccabunga*, *Lysimachia thyrsiflora*, *Nasturtium officinale*). En outre, MM. Nägeli et Leitgeb ont observé que dans certaines Angiospermes l'épiderme se divise au sommet de la racine à l'aide des cloisons parallèles à la surface et contribue à l'épaississement de la coiffe proprement dite.

M. Van Tieghem (1) a poursuivi dans ses recherches sur la racine un but tout différent; son mémoire ne traite pas de l'accroissement terminal des racines, mais de l'anatomie et du développement en diamètre des racines, où nous trouvons de précieux détails.

M. Hanstein (2) a eu le grand mérite de porter un coup définitif à la théorie d'après laquelle l'axe des Phanérogames s'accroîtrait en longueur à l'aide d'une seule cellule terminale. Il a reconnu que les organes des Phanérogames sont constitués dès leur ébauche par trois tissus primaires indépendants qu'il désigne comme dermatogène (épiderme), périblème (écorce primaire), et plérome (cylindre central).

Dans un travail postérieur également de haute importance, M. Hanstein (3) a essayé d'appuyer ses idées sur le développement de l'embryon. Nous n'avons pas besoin de rappeler toutes les conséquences qu'il en a déduites quant à la racine. Celle-ci est dès son ébauche constituée par trois tissus primaires indépendants : l'épiderme, l'écorce primaire et le cylindre central. D'après l'avis de M. Hanstein, la coiffe prend toujours origine de l'épiderme, dont les cellules se divisent à l'aide de cloisons parallèles à la surface de la racine.

A l'état naissant, l'embryon concourt non-seulement à la formation de la racine, mais nous voyons aussi une cellule voisine (hypophyse) appartenant au suspenseur nommé proembryon par M. Hanstein. Après s'être divisée dans le sens transversal, cette

(1) *Recherches sur la symétrie de structure des plantes vasculaires*, mémoire 1er : *La racine* (*Ann. sc. nat.*, 5e série, 1870-1871, t. XIII).

(2) *Die Scheitelzellgruppe im Vegetationspunkt der Phanerogamen*, 1868.

(3) *Die Entwickelung des Keimes der Monocotylen und Dicotylen*, 1870.

cellule complète d'une part le tissu de l'écorce primaire, tandis que de l'autre elle rentre dans la couche épidermique. La production de la coiffe commence toujours dans cette partie adventive de l'épiderme de l'embryon.

M. Reinke (1), excité par les recherches de son maître, M. Hanstein, s'est adonné à l'étude spéciale de l'accroissement des racines dans les Angiospermes. Dans son opinion, du reste complétement identique avec celle de M. Hanstein, la coiffe des Angiospermes dériverait toujours de l'épiderme (dermatogène), dont les cellules se divisent parallèlement à la surface de la racine.

Celui qui se donnera la peine de comparer nos résultats avec la théorie de M. Reinke se convaincra facilement que M. Reinke a traité la chose trop légèrement, et que son travail s'est exécuté sous l'empire d'idées préconçues. En outre, ses recherches n'ont porté que sur un assez petit nombre de plantes, et ses figures, purement schématiques, servent plutôt à discréditer le texte qu'à son intelligence.

D'après les recherches de M. Hieronymus (2), la racine du *Centrolepis tenuior* croîtrait comme celle des autres Angiospermes, et sa coiffe serait engendrée par l'épiderme.

Au moment où notre travail se trouvait complétement achevé, parut un mémoire de M. Prantl sur la régénération du sommet de la racine (3). M. Prantl a constaté que, contrairement à l'opinion de M. Reinke, la racine du Maïs possède une coiffe indépendante de l'épiderme qui se perd dans le sommet de l'écorce. Il a aussi trouvé que, dans la racine du *Pisum* et du *Vicia*, les tissus primaires confluent au sommet et n'y sont plus à distinguer. Nous verrons plus tard que M. Prantl a trouvé la vérité, et qu'il a eu raison de soupçonner la théorie de MM. Hanstein et Reinke.

L'accroissement terminal des racines dans les Gymnospermes

(1) *Wachsthumsgeschichte der Phanerogamen-Wurzel*, 1871.

(2) *Beiträge zur Kenntniss der Centrolepidaceen.* Halle, 1873.

(3) *Die Regeneration des Vegetationspunktes.* Würzburg, 1873.

a été étudié par M. Strasburger (1) et M. Reinke (2). Ces deux observateurs sont d'accord sur les points principaux de la question. Ils ont reconnu que, dans les racines des Gymnospermes, il n'y a ni coiffe, ni épiderme véritable, tandis que l'écorce primaire est excessivement volumineuse au sommet de la racine, remplace la coiffe, s'exfolie et se régénère à l'aide des divisions parallèles à la surface.

Nous avonstrois méthodes pour étudier l'accroissement terminal des racines, et chacune d'elles contribue à élucider le sujet. La première, ou méthode embryogénique, à l'aide de laquelle on étudie dans l'embryon le développement de la racine principale depuis sa première apparition jusqu'à l'époque de la germination. La deuxième, ou méthode organogénique, nous montre de quelle manière naissent dans la racine mère et se développent les radicelles qui possèdent, pour la plupart, la même structure que la racine principale et les racines adventives. Enfin la troisième méthode, qui est en même temps la plus simple, est la méthode anatomique; elle consiste à examiner le sommet végétatif des racines et des radicelles développées, et à en déduire immédiatement leur mode d'accroissement terminal.

Mais, pour trancher la question d'une manière définitive, il faudrait réunir toutes ces méthodes; ce sera alors que nous pourrons arriver à la connaissance complète de l'histogénie des racines, et comprendre non-seulement leur accroissement terminal, mais aussi la valeur morphologique (embryogénique et organogénique) de chacun de leurs tissus primaires.

Comme l'accroissement des racines présente des types bien différents, il serait du plus grand intérêt de faire les trois séries de recherches sur les mêmes plantes, en choisissant quelques plantes de chacun des types. Un pareil travail serait classique, mais bien difficile à exécuter. En effet, les plantes qui sont très-propres à une série de recherches ne se prêtent pas également bien à la seconde ou à la troisième méthode.

(1) *Die Coniferen und Gnetaceen.* Iéna, 1872.

(2) *Morphologische Abhandlungen*, 1873 (*Botanische Zeitung*, 1872, n. 4, n. 37).

La science fondée sur les observations analytiques ne peut jamais faire de progrès trop rapide et atteindre d'un coup son but définitif; elle doit se contenter d'avancer pas à pas en s'aidant souvent de l'analogie, mais de l'analogie bien constatée. Nous nous garderons pour ce motif de considérer notre travail comme quelque chose de complet, et nous nous contenterons d'établir certaines analogies qui nous paraissent naturelles. Il serait prématuré de faire la synthèse avant que l'analyse soit complétée, et d'ériger une théorie générale lorsque nous voyons chaque jour s'écrouler celles dont le seul défaut était de manquer de base solide.

Les résultats que nous allons exposer ont été tous obtenus par la méthode anatomique; les faits acquis par la méthode organogénique seront l'objet d'une communication prochaine.

Nos recherches ont été exécutées sur les radicelles, les racines adventives, et pour la plupart sur les racines principales (pivot). Nous avons semé à cet effet les graines et toujours attendu que la racine se fût allongée tout au moins jusqu'à 2 et quelquefois jusqu'à 10 centimètres. Les coupes transversales faites à différentes hauteurs du sommet de la racine nous ont rendu des services considérables; cependant ce sont les coupes longitudinales, parfaitement médianes, qui ont été nos préparations essentielles et qui seules nous ont paru propres à démontrer les relations des tissus primaires entre eux.

Dans le cours de nos recherches nous avons distingué dans l'accroissement terminal des racines les cinq types suivants :

I. Le sommet de la racine est constitué par quatre tissus primaires indépendants l'un de l'autre : la coiffe, l'épiderme, l'écorce et le cylindre central.

II. On trouve au sommet seulement trois tissus primaires indépendants : la coiffe, l'écorce et le cylindre central. L'épiderme n'est que la couche extérieure et la plus vieille de l'écorce.

III. Les trois tissus primaires sont les mêmes que dans le deuxième type, mais c'est la couche calyptrogène engendrant la coiffe qui se transforme ensuite en épiderme.

IV. Les tissus primaires confluent au sommet en une assise génératrice transverse et se définissent seulement dans son voisinage.

V. La racine contient seulement deux tissus primaires : le cylindre central et l'écorce; celle-ci remplit les fonctions de la coiffe.

PREMIER TYPE.

HYDROCHARIS MORSUS-RANÆ.

Cette plante est un des représentants très-rares du premier type dans lequel on distingue au sommet de la racine quatre tissus primaires indépendants l'un de l'autre : la coiffe, l'épiderme, l'écorce et le cylindre central.

Quand on examine une jeune racine adventive commençant à percer le tissu de la tige, on reconnaît bientôt qu'elle est recouverte d'une *coiffe* composée de quatre ou cinq couches régulières de cellules (pl. 13, fig. 1). A juger d'après le volume des cellules et l'épaisseur des membranes, la couche extérieure est la plus vieille, l'intérieure la plus jeune. Dès que la racine commence à s'allonger, la coiffe se détache à sa base, ne recouvre plus que le sommet de la racine, et produit l'effet de quatre ou cinq sacs emboîtés l'un dans l'autre. Peu après, une gradation dans la longueur des couches devient visible à l'œil nu; la couche intérieure est la plus longue, l'extérieure la plus courte (pl. 13, fig. 3). A un certain moment les couches de la coiffe commencent par tomber successivement; quand il n'en reste plus que deux, on peut les enlever l'une après l'autre à l'aide des doigts, sans endommager ni ces sacs, ni le tissu de la racine elle-même. L'examen au microscope démontre que, malgré cette opération, l'extrémité de la racine et les couches isolées de la coiffe sont restées parfaitement intactes. Arrivée à un certain degré de développement (environ 10 centimètres de longueur), la racine se débarrasse spontanément de la dernière couche de sa coiffe. Pour ce motif

il faudrait considérer la coiffe de l'*Hydrocharis* comme *coiffe fugace*.

Pendant l'allongement de la racine, l'épiderme se recouvre de poils radicaux, excepté sous la coiffe. Mais après que celle-ci a été rejetée, l'épiderme produit également des poils sur le sommet ; la racine finit aussitôt son accroissement terminal.

L'examen anatomique des coupes longitudinales de la racine (pl. 13, fig. 1, 2) et l'expérience citée plus haut sont autant de preuves que la coiffe et l'épiderme constituent deux tissus indépendants. Il est cependant assez probable que leur genèse est commune ; mais cette question ne peut être résolue que par l'étude organogénique absolument impossible pour l'*Hydrocharis*, ou par l'étude embryogénique à laquelle nous n'avons malheureusement pu nous livrer.

La coiffe de l'*Hydrocharis* possède, comme nous venons de le dire, une existence passagère ; à partir du moment où la racine s'est fait jour à travers le tissu de la tige, le nombre des couches n'augmente plus, mais diminue peu à peu, jusqu'à ce qu'il n'en reste aucun vestige. Pour donner une idée des dimensions de la coiffe, je joins ici deux de mes mesures.

Une racine longue de 85 millimètres était recouverte au sommet par une coiffe simple (à une couche) de 9 millimètres de longueur.

Une jeune racine (pl. 13, fig. 3) longue de $12^{mm},5$ portait une coiffe composée de trois couches. La couche externe A mesurait $2^{mm},75$ en longueur ; la couche médiane B était deux fois plus longue, et mesurait $5^{mm},5$. Enfin la couche interne C était trois fois plus longue que A, et mesurait 8 millimètres en longueur.

Les coupes longitudinales du sommet de la racine nous démontrent l'indépendance de l'*épiderme*, soit que la racine se soit déjà allongée, ou qu'elle perce à peine le tissu de la tige (pl. 13, fig. 2). L'épiderme n'offre rien de remarquable ; les cellules dont il est formé ne se divisent jamais en sens parallèle à la surface. Les divisions verticales se répètent plus souvent à une certaine distance du sommet qu'au sommet même ; pour ce motif, les cellules du sommet sont plus larges qu'un peu plus bas.

Sur une coupe longitudinale (pl. 13, fig. 2), l'*écorce* paraît constituée par des séries longitudinales dont le nombre diminue vers le sommet, où l'on trouve deux, trois ou quatre cellules placées à côté l'une de l'autre et séparant l'extrémité du cylindre central de l'épiderme. Elles y représentent la réunion de toutes les séries corticales en une seule. Depuis cette partie terminale, l'écorce gagne en volume et commence à se résoudre en séries longitudinales engendrées en sens centripète et correspondant à autant de couches concentriques. La série extérieure qui s'individualise la première est la couche sous-épidermique, ou couche mère de l'écorce extérieure. Elle ne se dédouble qu'à une certaine distance du sommet et donne naissance à deux ou quelquefois trois couches formant l'écorce extérieure (pl. 13, fig. 4). Toutes les autres séries sont engendrées en sens strictement centripète et ne se dédoublent pas (pl. 13, fig. 2, 7). La série intérieure, par conséquent la plus jeune, reste enfin stationnaire et représente la couche protectrice.

Le mode du développement de l'écorce de l'*Hydrocharis* rappelle beaucoup la genèse des couches libériennes et ligneuses des Dicotylédones et des Gymnospermes, et encore plus la genèse de la coiffe dans l'*Helianthus*, etc. Les couches de l'écorce se développant successivement et en sens toujours centripète, la couche intérieure (protectrice) se trouve par conséquent la plus jeune et pourrait être envisagée comme une zone génératrice ayant engendré toute l'écorce, et qui se serait arrêtée dans sa fonction, et transformée enfin en couche protectrice.

Le *cylindre central* est également composé de séries longitudinales dont le nombre décroît vers le sommet occupé par trois cellules : une médiane et deux latérales (pl. 13, fig. 2). La cellule médiane termine une série qui concourt par son dédoublement répété à la formation de la partie centrale du cylindre et donne naissance à plusieurs séries ne se transformant jamais en vaisseaux (pl. 13, fig. 6, 7, 8). Les deux cellules latérales sont symétriques et, divisées transversalement ou non, elles surmontent chacune deux séries dont l'extérieure reste à tout jamais indivise et représente la *couche péricambiale* (*couche rhizogène* de M. Van

Tieghem), tandis que l'autre, intérieure, engendre par son dédoublement répété tout le tissu périphérique du cylindre (pl. 13, fig. 2, 8). Les deux cellules latérales représentent par conséquent la réunion du péricambium à la partie périphérique du cylindre; elles sont six en réalité entourant une cellule médiane, comme le démontre la coupe transversale (pl. 13, fig. 6).

Les vaisseaux centraux font complétement défaut dans la racine de l'*Hydrocharis*, tandis que les gros vaisseaux de cette racine se développent toujours dans la partie périphérique du cylindre (pl. 13, fig. 8). Lorsqu'un vaisseau semblable va se former, la série sœur du péricambium ne se dédouble pas et se transforme en vaisseau touchant au péricambium d'un côté, et de l'autre à la partie centrale du cylindre.

Quand on pratique une coupe longitudinale dans la racine allongée dont la coiffe ne contient plus que deux ou trois couches, celles-ci se détachent toujours pendant l'opération, excepté l'intérieure, la plus durable. La membrane des cellules de la coiffe est assez épaisse dans les racines allongées, mais elle est même plus mince au moment où la racine perce le tissu de la tige.

Les coupes transversales pratiquées à hauteur différente confirment pleinement le mode d'accroissement de l'écorce et du cylindre central, que nous avons exposé tout à l'heure. On y distingue l'*écorce extérieure*, composée de deux ou trois couches de cellules collenchymateuses à membrane mince, et intimement liées les unes aux autres. L'écorce extérieure tire son origine de la couche sous-épidermique (appartenant à l'écorce primaire) et doit être considérée comme d'origine secondaire.

L'*écorce intérieure* est bien plus volumineuse, creusée dans sa partie périphérique de gros canaux aérifères, et s'y trouve réduite aux rayons séparant ces canaux (pl. 13, fig. 4). Chaque rayon est composé de trois cellules à membrane mince. La deuxième zone de l'écorce intérieure contient toujours trois couches dont l'intérieure est la couche protectrice enveloppant le cylindre central. Les deux autres couches sont constituées par

des cellules à membrane épaisse, de forme arrondie et laissant par conséquent entre elles des méats intercellulaires.

Malgré toutes nos recherches, nous n'avons jamais pu découvrir dans le cylindre central les faisceaux libériens que mentionne M. Van Tieghem (1), mais seulement des *tubes cribreux* alternes avec les vaisseaux et appuyés contre le péricambium (2) (pl. 13, fig. 8). Le nombre de ces tubes cribreux augmente ensuite (pl. 13, fig. 4), mais nous n'avons pu décider avec certitude si toutes les cellules qui nous ont paru être des tubes cribreux l'étaient réellement. Une partie du moins possédait cette structure caractéristique.

Le nombre de gros vaisseaux spiralés est assez variable; nous en avons trouvé deux, trois ou même quatre, toujours appuyés contre la couche péricambiale.

PISTIA STRATIOTES.

(Radicelles.)

Le mode d'accroissement des racines de cette plante n'a pas été suffisamment étudié pour en pouvoir dire quelque chose de positif. Celles qui finissent leur développement sont de nulle valeur pour ce genre de recherches; malheureusement leur état rudimentaire n'a pas été à ma disposition.

Les *radicelles* qui naissent en si grand nombre sur la racine adventive présentent un mode d'accroissement tout à fait analogue à celui des racines de l'*Hydrocharis*. Leur examen anatomique nous démontre que les quatre tissus primaires sont indépendants l'un de l'autre.

La *coiffe* n'a, comme dans l'*Hydrocharis*, qu'une existence passagère. Elle revêt le sommet de la radicelle pendant son

(1) *Loc. cit.*, p. 166, pl. 7, fig. 38.

(2) Une position et un développement semblables des tubes cribreux ont été retrouvés dans les racines de toutes les Angiospermes examinées. Nous ne voulons pas insister sur le fait déjà connu à M. de Bary, mais que nous n'avons pas étudié d'une manière spéciale; nos figures en donneront peut-être une certaine idée (pl. 13, fig. 4, 8; pl. 14, fig. 5; pl. 15, fig. 4, et pl. 16, fig. 6, 7).

accroissement ; mais lorsque celle-ci a atteint un certain degré de développement, la coiffe tombe spontanément sans laisser la moindre trace. La coiffe se détache quand la radicelle atteint de 8 à 10 millimètres de longueur ; nous l'avons cependant observée sur des radicelles de 13 et même de 16^{mm},5 de longueur.

La coiffe du *Pistia* présente une structure différente de celle de l'*Hydrocharis ;* on n'y distingue pas de couches individualisées (pl. 14, fig. 1). Les cellules sont plutôt disposées en courtes séries verticales dans lesquelles la cellule externe est la plus grosse et la plus vieille, tandis que l'interne est la plus jeune. L'épaisseur des membranes varie aussi dans le même sens.

La coiffe reste intacte pendant toute sa durée, et s'accroît jusqu'au moment de sa répulsion. Avant ce moment, on peut l'enlever à l'aide d'un pinceau, mais l'opération n'est ni aussi facile, ni aussi complète que sur l'*Hydrocharis*. La couche interne reste souvent attachée à la radicelle (pl. 14, fig. 3) et se distingue de l'épiderme sous-jacent par la ténuité de ses membranes. Quelquefois on parvient cependant à enlever la coiffe avec sa couche interne, mais alors il reste souvent une portion de la coiffe au sommet de la radicelle.

L'*épiderme* recouvre la radicelle d'une couche continue, régulière.

Une coupe longitudinale du sommet nous démontre que l'*écorce* est formée de séries longitudinales (pl. 14, fig. 1, 3) qui sont réunies au sommet en deux ou trois cellules placées à côté l'une de l'autre et séparant l'épiderme d'avec le sommet du cylindre central. Le développement des séries de l'écorce marche de la périphérie au centre. Pour ce motif, la série sous-épidermique est, comme dans l'*Hydrocharis*, la plus vieille, et finit tout près du sommet, tandis que la série touchant le cylindre et représentant la couche protectrice est la plus jeune et s'interrompt à une certaine distance du sommet. Le nombre des séries qui correspondent à autant de couches de l'écorce est très-restreint. L'écorce extérieure est composée d'une seule couche de cellules dont les unes restent indivises, tandis que les autres se partagent une fois en sens parallèle à la surface de la radicelle

(pl. 14, fig. 2). L'écorce intérieure est formée de deux couches régulières dont l'intérieure représente la couche protectrice. La limite des deux parties de l'écorce est définie par une zone de canaux aérifères; autour de la couche protectrice on voit encore de petits méats intercellulaires.

Le *cylindre central* est d'une simplicité remarquable; il se trouve encore plus dégradé que l'écorce. C'est un vaisseau central unique entouré d'une couche de cellules minces, que nous pouvons considérer comme péricambium. Ce vaisseau est spiralé, et sa spire apparaît dans de jeunes radicelles à une distance considérable du sommet; c'est le contraire dans des radicelles finissant leur développement (pl. 14, fig. 3).

Les coupes longitudinales donnent le moyen de suivre le péricambium jusqu'au sommet du cylindre et de constater son indépendance du vaisseau central. On y voit que le cylindre est composé d'une série centrale plus large, le vaisseau futur, et de deux séries latérales plus étroites, le péricambium.

Si nous nous donnons la peine de comparer le cylindre central des radicelles du *Pistia* avec celui de l'*Hydrocharis*, nous trouverons leur sommet identique en coupe longitudinale : une cellule médiane et deux latérales. Il est évident que le vaisseau du *Pistia* représente toute cette partie centrale du cylindre de l'*Hydrocharis* qui est réunie au sommet en cellule médiane. La partie périphérique du cylindre est complétement avortée dans le *Pistia* et il n'en reste qu'une couche unique : le péricambium.

L'extrémité d'une radicelle qui a déjà perdu sa coiffe s'allonge en une pointe qui contient le cylindre central; le vaisseau y est spiralé jusqu'au sommet même. Ainsi finit l'accroissement terminal de la radicelle qui n'est depuis propre à aucun développement ultérieur.

DEUXIÈME TYPE.

HORDEUM VULGARE.

Le caractère essentiel que présentent les plantes de ce type consiste en ce que leur racine est revêtue au sommet par une

coiffe permanente bien développée et se régénérant à l'aide d'une *couche calyptrogène* qui, ayant perdu sa fonction génératrice, se désorganise et ne se transforme jamais en épiderme. Celui-ci dépend toujours de l'écorce, dont il ne constitue à son ébauche que la couche extérieure, la plus vieille. Dans le sommet des racines de ce type nous ne trouvons par conséquent que trois tissus primaires indépendants : la coiffe, l'écorce et le cylindre central.

La racine de l'Orge est une des plus simples dans ce type, c'est pourquoi nous commencerons par son analyse.

Dans l'embryon de l'Orge la racine principale (et les racines latérales) est entourée dans la graine par une gaîne radicale ou coléorrhize qui la recouvre de toutes parts. Quand la germination commence, la coiffe se détache de la gaîne radicale, qui se déchire au sommet parallèlement à la surface ; la continuité de la gaîne n'en souffre pas du tout.

Cette circonstance que la coiffe n'est autre chose qu'une portion du tissu détaché de la gaîne (pl. 14, fig. 6) fait déjà soupçonner que la coiffe doit être une production indépendante du tissu de la racine, et qu'elle ne se trouve en aucune relation génétique avec l'épiderme.

L'étude anatomique d'une racine qui a déjà percé sa gaîne, c'est-à-dire germé, confirme pleinement cette supposition. La *coiffe* est de structure toute particulière. Les séries verticales dont elle est composée (pl. 14, fig. 4) ne se dédoublent jamais vers la périphérie ; au contraire, elles se réunissent toutes vers le sommet. Pour ce motif, la coiffe possède une forme plus ou moins triangulaire (en coupe longitudinale), et s'exfolie non pas par couches superposées, mais par séries longitudinales.

Les séries de la coiffe, comme nous venons de le dire, se dédoublent non vers le sommet de la coiffe, mais vers sa base. La cellule basilaire de chaque série est en même temps sa cellule génératrice ; s'étant enfin atrophiée, elle s'exfolie ensemble avec toute la série qu'elle a produite.

L'*écorce* contient, pour la plupart, cinq séries longitudinales représentant autant de couches concentriques ; la sixième série

extérieure constitue l'épiderme. Les séries de l'écorce se réunissent au sommet en trois ou quatre cellules placées à côté. A partir de cette portion terminale, l'écorce commence à se résoudre rapidement en séries ; l'extérieure, s'individualisant la première, reste tantôt simple à tout jamais, se transforme immédiatement en *épiderme* et se recouvre d'une épaisse cuticule ; tantôt elle se divise rapidement en deux séries (c'est le cas le plus commun), dont l'extérieure constitue l'épiderme, tandis que l'intérieure fait partie intégrante de l'écorce (pl. 14, fig. 4). Les séries suivantes s'individualisent bientôt l'une après l'autre en sens toujours centripète ; l'intérieure en contact avec le péricambium est la plus jeune; elle représente la couche protectrice.

Dans le *cylindre* nous trouvons un gros vaisseau central s'étendant jusqu'au sommet, mais se terminant sous deux cellules qui en occupent le centre, et y représentent tout le tissu du cylindre réuni. Chacune de ces deux cellules terminales surmonte la série péricambiale toujours simple, et, en outre, une série intérieure placée entre le péricambium et le vaisseau ; elle se divise rapidement en donnant naissance à deux séries, dont l'intérieure ne tarde pas à se dédoubler encore une fois. En un mot, l'axe du cylindre est occupé par un vaisseau, de chaque côté duquel on voit quatre séries engendrées en sens centripète, dont l'extérieure représente la couche péricambiale (pl. 14, fig. 4).

L'étude des coupes transversales nous apprend que l'écorce est véritablement formée par six couches, dont l'extérieure est l'épiderme. La couche intérieure, protectrice, se lignifie de bonne heure ; la membrane de ses cellules s'épaissit sur la face intérieure et sur les faces latérales (radiales). Le centre du cylindre est occupé par un gros vaisseau rayé. Les autres sont réunis en huit groupes (pl. 14, fig. 5), réduits pour la plupart à deux vaisseaux : l'un spiralé ou annelé, l'autre rayé. Les vaisseaux spiralés (ou annelés) se développent toujours aux dépens de la couche péricambiale, et sont appuyés contre la couche protectrice, tandis que les vaisseaux rayés prennent naissance dans la couche sous-jacente, touchent les vaisseaux spiralés, et sont encore séparés du vaisseau central par deux couches. Les tubes

cribreux, alternant avec les faisceaux vasculaires, sont appuyés contre le péricambium.

L'histogénie et la structure de la racine du *Triticum sativum* sont de tout point identiques avec celles de la racine de l'Orge.

ZEA MAYS.

Les racines du Maïs diffèrent de celles de l'Orge par la structure anatomique; mais elles ont beaucoup d'analogie dans leur accroissement terminal. La coiffe provient également de la gaîne radicale (1), dont une partie intérieure et apicale se détache pour couvrir le sommet de la racine (pl. 15, fig. 1, 2); la gaîne reste cependant continue jusqu'au moment où la racine commence à s'allonger et la perce au sommet.

Dans les racines allongées, la *coiffe* est composée de séries longitudinales plus ou moins parallèles, mais ne se réunissant pas vers le sommet. Leur hauteur décroît vers la périphérie, car les cellules dont elles sont composées se désagrégent en sens basipète; l'exfoliation de la coiffe est par conséquent irrégulière (2).

L'*écorce* est réunie au sommet en deux ou trois cellules placées à côté. Depuis cette portion apicale, l'écorce gagne rapidement en volume. La couche extérieure, qui s'individualise toujours la première, se transforme en *épiderme* (pl. 14, fig. 7) qui, comme dans l'Orge, se revêt bientôt d'une cuticule très-épaisse. Les autres couches de l'écorce sont engendrées en sens centripète, et l'intérieure présente la structure d'une couche protectrice. Toute l'écorce est creusée de méats intercellulaires, mais on n'y trouve pas de cellules collenchymateuses. Cependant la partie extérieure de l'écorce qui prend naissance de la couche sous-épidermique se développe irrégulièrement en sens plus ou moins centrifuge. On voit en outre les autres couches corticales se diviser, et augmenter ainsi le volume total de l'écorce.

Le *cylindre central* est assez volumineux. Le péricambium y

(1) Conf. Hanstein, *loc. cit.*, pl. 18, fig. 28 *a*.

(2) Conf. la belle figure de M. Sachs, *Lehrbuch der Botanik*, 3e édition, fig. 112. Cette figure confirme complétement notre manière de voir, et non celle de M. Reinke.

avance jusqu'au sommet occupé par deux ou trois cellules qui représentent la réunion du péricambium avec le tissu extérieur du cylindre, et recouvrent le sommet de son tissu intérieur (pl. 14, fig. 7). Le volume du cylindre augmente, et ensuite ses séries, outre le péricambium, se divisent sans ordre appréciable. Les plus gros vaisseaux rayés se développent sur la limite du tissu intérieur du cylindre (moelle aérifère) et de son tissu extérieur ; ils nous ont toujours paru appartenir à celui-ci.

Les coupes transversales démontrent que, dans le cylindre central, outre les gros vaisseaux isolés formant un cercle intérieur, il y a encore des groupes vasculaires périphériques. Les vaisseaux extérieurs de chaque groupe sont fort minces, et se développent toujours aux dépens de la couche péricambiale. Une, deux ou trois cellules de cette couche se coupent, comme leurs voisines, par une cloison parallèle à la périphérie, et donnent naissance chacune à deux vaisseaux spiralés ou annelés disposés en sens radial. Les cellules externes restent souvent stationnaires, et ne se transforment pas en vaisseaux (pl. 14, fig. 8) ; dans ce cas, les vaisseaux spiralés ne touchent pas à la couche protectrice, mais en sont séparés par leurs cellules sœurs (1).

Les tubes cribreux sont isolés, appuyés contre le péricambium, et alternes avec les groupes vasculaires (pl. 14, fig. 8).

STRATIOTES ALOIDES.

La racine de cette plante va nous offrir une structure très-caractéristique : deux zones corticales d'origine et de structure différentes.

Le *cylindre central* est constitué par des séries assez irrégulières. La couche péricambiale avance jusqu'au sommet du cylindre, occupé par trois ou quatre cellules un peu plus larges que les cellules péricambiales (pl. 15, fig. 3). Nous n'avons pu décider si ces cellules sont la continuation immédiate du péricambium, ou si elles représentent la réunion du péricambium au tissu extérieur du cylindre.

(1) Conf. Van Tieghem, *loc. cit.*, p. 142, pl. 6, fig. 30.

Nous ne connaissons aucune plante où le péricambium formerait une couche close au sommet, et la deuxième supposition nous paraît plus probable. Toutefois le tissu intérieur du cylindre se termine sous ces cellules, et en est complétement indépendant. Deux cercles se développent aux dépens du tissu extérieur : l'un vasculaire, l'autre composé de tubes cribreux (pl. 15, fig. 4). Les vaisseaux apparaissent comme chez le Maïs, à la limite du tissu intérieur.

L'*écorce* du *Stratiotes* est d'une grande régularité. Vers le sommet, les séries qui la constituent se réunissent en deux, trois ou quatre cellules placées à côté l'une de l'autre, et séparant le sommet du cylindre de la couche qui régénère la coiffe, et que nous désignerons *couche calyptrogène*. A partir de cette partie terminale, l'écorce augmente en volume, et commence par se résoudre en séries longitudinales (pl. 15, fig. 3) représentant autant de couches concentriques. La série extérieure, qui s'individualise la première, ne se dédouble pas, et se transforme immédiatement en *épiderme*. La deuxième série (sous-épidermique), qui naît immédiatement après, devient le siége d'une production toute spéciale ; elle engendre, par divisions successives en sens centrifuge, toute l'*écorce extérieure*. Les séries suivantes, qui présentent toujours un développement centripète, restent simples, et la dernière série, l'intérieure, s'organise en couche protectrice.

Dans d'autres racines, nous avons trouvé que l'épiderme n'apparaît pas avant la couche mère de l'écorce extérieure ; dans ce cas, la couche extérieure (la plus vieille) se divise bientôt en couche épidermique et en couche mère de l'écorce extérieure. Nous avons vu dans l'Orge un cas analogue.

La production de l'écorce pourrait être assimilée à l'activité d'une couche génératrice se divisant toujours en sens centripète, et se transformant enfin en couche protectrice. Les deux couches périphériques ont une destinée toute spéciale : l'extérieure touchant à la couche calyptrogène ne se dédouble jamais, et se transforme en épiderme, tandis que la couche sous-jacente donne naissance à toute l'écorce extérieure se développant en sens

centrifuge, et devant être considérée comme d'origine secondaire.

La *coiffe* assez volumineuse du *Stratiotes* est engendrée par l'activité d'une *couche calyptrogène* appliquée contre l'épiderme et à cette petite portion terminale de l'écorce où l'épiderme n'est pas encore défini. Dans la partie plus jeune de la coiffe, au voisinage de la couche calyptrogène, on distingue l'arrangement des cellules en séries verticales et en couches superposées; mais, à mesure qu'on avance vers le sommet de la coiffe, la disposition en séries disparaît tout à fait, et la régularité des couches se trouve fortement compromise par les divisions ultérieures; cependant, dans les parties latérales de la coiffe, ses couches sont sez régulières.

Les coupes transversales de la racine sont très-instructives (pl. 15, fig, 4) ; elles démontrent l'arrangement des vaisseaux et des tubes cribreux dans le cylindre central, et fournissent des noion précieuses sur l'histogénie de l'écorce.

Les vaisseaux, au nombre de sept ou huit, sont disposés en un cercle éloigné de l'écorce; leur membrane est assez mince et munie d'une spire délicate. Les tubes cribreux forment un deuxième cercle ; ils sont appuyés contre la couche péricambiale, et leur nombre est plus que double de celui des vaisseaux.

L'*écorce intérieure*, développée en sens centripète, est composée de cellules arrondies séparées par des méats intercellulaires. Dans sa partie extérieure, elle est creusée de gros canaux aérifères, séparés l'un de l'autre par un, deux ou trois rayons. Il est à peine nécessaire d'ajouter que chaque rayon représente une rangée cellulaire radiale, issue de l'activité d'une seule cellule transformée en cellule de la couche protectrice.

L'*écorce extérieure*, à peu près aussi volumineuse que l'intérieure (pl. 15, fig. 4), est une formation secondaire produite par l'activité génératrice de la couche sous-épidermique, se divisant toujours en sens centrifuge, et faisant partie à son début de l'écorce primaire. Toutes les cellules de l'écorce extérieure sont collenchymateuses et intimement liées les unes aux autres ; leur arrangement en séries radiales est très-distinct ; leur diamètre,

aussi bien que l'épaisseur de leurs angles, diminuent vers la périphérie.

TROISIÈME TYPE.

HELIANTHUS ANNUUS.

Cette plante, assez favorable à ce genre de recherches, nous servira comme exemple du troisième type de l'accroissement terminal des racines. Les observations du pivot, les études sur son développement en racine, et enfin l'examen des radicelles, nous ont appris que l'accroissement des racines et des radicelles s'effectue toujours et à tout état d'après le même principe.

Un coup d'œil sur une coupe longitudinale parfaitement médiane suffit pour nous convaincre que la racine de l'*Helianthus* présente au sommet les mêmes tissus primaires que ceux que nous avons vu dans le deuxième type : la coiffe, l'écorce et le cylindre central (pl. 15, fig. 5). La différence essentielle consiste en ce qu'ici l'épiderme a une origine toute autre ; son développement sera exposé plus tard.

Le *cylindre central* est composé de séries longitudinales, dont le nombre diminue de plus en plus vers le sommet, où l'on distingue trois cellules terminales : une médiane et deux latérales.

La cellule médiane termine une simple série de cellules dont le diamètre est assez considérable; cette série représente un vaisseau central futur. Sur d'autres coupes, on voit cette cellule (simple ou divisée transversalement) surmonter deux séries, se transformant plus tard en deux vaisseaux rayés centraux (pl. 15, fig. 5). Cette différence provient de la direction des coupes envers la lame vasculaire future.

Les deux cellules latérales passent chacune en deux séries, dont l'une, l'extérieure, touche à l'écorce et ne se dédouble plus, tandis que l'autre se divise plusieurs fois, et donne naissance aux séries qui constituent le tissu du cylindre, sauf aux vaisseaux centraux et à la série extérieure. Celle-ci représente la couche péricambiale ; ses cellules sont plus courtes et plus larges

que tous les autres éléments du cylindre, excepté les vaisseaux centraux rudimentaires.

L'*écorce* est également constituée par des séries longitudinales diminuant en nombre vers l'extrémité de la racine. Toutes ces séries passent au sommet tantôt en une cellule unique (pl. 15, fig. 5) séparant l'extrémité du cylindre de la coiffe, tantôt en deux cellules placées de côté. Depuis cette portion terminale minime, l'écorce gagne en volume ; elle commence à se résoudre en séries longitudinales, dont le nombre augmente de plus en plus. La multiplication des séries s'effectue à l'aide de cloisons centripètes.

La série externe, qui touche à la couche calyptrogène, s'individualise plus tôt et plus haut ; elle se dédouble rarement, et représente la couche sous-épidermique.

La série intérieure de l'écorce, touchant le cylindre, s'individualise plus tard et plus bas, et représente la couche protectrice.

Les séries centripètes constituant l'écorce sont peu nombreuses, et se multiplient d'abord par divisions postérieures, dans l'apparition desquelles on ne peut distinguer aucune symétrie. Le volume de l'écorce se trouve beaucoup augmenté par ce moyen.

Une coupe transversale, prise près du sommet de la racine (pl. 16, fig. 1), confirme tout ce qui a été dit précédemment. On y voit que l'écorce est composée de couches concentriques se développant en sens centripète et se subdivisant en outre. La couche intérieure qui s'individualise le plus tard, c'est la couche protectrice, qui ne reste pas simple dans tout son circuit, mais qui se dédouble sur deux arcs opposés correspondant aux deux faisceaux libériens futurs. Le cylindre central, entouré de péricambium, contient deux gros vaisseaux centraux. Il est remarquable que ces deux vaisseaux sont définis les premiers, tandis que les autres, d'un diamètre plus faible, ne sont pas encore distincts. Il y a donc ici, comme dans les racines de beaucoup d'autres plantes, contradiction entre la définition et l'évolution des vaisseaux ; les deux vaisseaux centraux se

définissent les premiers, mais leur membrane s'épaissit bien plus tard que celle des vaisseaux périphériques, qui deviennent spiralés de bonne heure (1).

Une ligne traversant les centres des deux vaisseaux susmentionnés représente le plan de la lame vasculaire future, aux extrémités de laquelle correspondent les deux arcs où la couche protectrice reste simple.

La structure anatomique d'une racine développée de l'*Helianthus* est, à tout égard, identique avec celle de la racine du *Tagetes erecta*, décrite et figurée dans le beau mémoire de M. Van Tieghem. Dans chaque faisceau libérien, on trouve quelques tubes cribreux assez étroits, et toujours appuyés contre le péricambium.

La *coiffe* de l'*Helianthus* se régénère, comme dans le *Stratiotes*, par une *couche calyptrogène* appliquée à la surface de l'écorce primaire. L'activité de cette couche étant la plus intense au sommet, la coiffe y est la plus volumineuse, et diminue en épaisseur vers sa base. Les divisions de la couche calyptrogène étant acropètes, sa fonction s'éteint dans le même sens. Le sort qui est destiné à cette couche est cependant tout autre que dans les racines du deuxième type ; elle ne s'exfolie jamais avec les couches inertes de la coiffe, mais se transforme directement en *épiderme*, qui se trouve composé d'autant de portions de différent ordre qu'il y avait de couches dans la coiffe.

La surface externe de l'épiderme ne peut être plane ; elle représente plutôt un escalier, sur chaque degré duquel est appuyé une des couches de la coiffe (pl. 15, fig. 5). Les degrés de l'épiderme deviennent de plus en plus courts vers le sommet, et y sont enfin formés par une seule cellule ; vers la base, les degrés gagnent en longueur, et sont formés de deux, quatre, huit, et même d'un nombre plus considérable de cellules. Chaque degré diminue aussi en largeur vers le sommet.

Outre l'arrangement des cellules de la coiffe en couches super-

(1) Nous avons vu déjà la même chose dans la racine de l'Orge et du Maïs ; c'est un fait général pour les racines dont les vaisseaux sont nombreux et disposés en lames radiales.

posées, on reconnaît encore leur disposition en séries verticales à la surface, assez régulières au sommet. Les cellules basilaires de ces séries sont celles qui constituent la couche calyptrogène, tandis que les cellules externes rentrent dans la couche externe de la coiffe.

Les séries verticales sont complétement simples au sommet; mais à mesure qu'on s'en éloigne, elles se dédoublent de plus en plus. On en voit d'abord de dédoublées dans la partie périphérique, puis d'autres dont le dédoublement s'est avancé jusqu'à la base, en coupant aussi la cellule calyptrogène ; enfin des séries totalement divisées en quatre, huit, etc., de séries perdant beaucoup de leur régularité. A une série primitive appartient toujours cette portion de la coiffe, qui correspond à un degré de la couche calyptrogène (épiderme futur).

Un coup d'œil jeté sur une coupe non schématisée de la racine de l'*Helianthus* nous démontre que les divisions des cellules n'obéissent pas toujours au schéma donné, et que les séries verticales, comme les couches de la coiffe, sont loin d'être régulières (1).

La différence essentielle entre l'accroissement de la racine de l'*Helianthus* et celles du deuxième type consiste dans le sort de la couche calyptrogène, et par conséquent dans l'histogénie de l'épiderme. M. Hanstein et M. Reinke considéraient la couche calyptrogène de l'*Helianthus* comme un épiderme primitif, en lui attribuant le rôle important de produire la coiffe tout entière. D'après notre opinion, cette couche ne peut être assimilée à l'épiderme primitif, et il convient d'envisager la chose tout autrement, et considérer l'épiderme de la racine de l'*Helianthus* comme un tissu secondaire provenant de la transformation immédiate de la couche calyptrogène lorsqu'elle a fini son rôle générateur. La genèse de l'épiderme a dans ce cas beaucoup d'analogie avec la genèse de la couche protectrice, qui forme d'abord la partie la plus jeune de l'écorce, et qui change ensuite de structure et de fonction.

(1) La figure donnée par M. Reinke (*loc. cit.*, pl. 1, fig. 1) est complétement schématique et ne donne même pas d'idée de la structure de la coiffe de l'*Helianthus*.

FAGOPYRUM ESCULENTUM.

La racine de cette plante a beaucoup d'analogie avec celle de l'*Helianthus*. La *coiffe* y est régénérée d'une manière identique : c'est le produit d'une *couche calyptrogène* se transformant ensuite en *épiderme* (pl. 15, fig. 7). La surface extérieure de l'épiderme représente également un escalier, sur les degrés duquel sont appuyées les couches de la coiffe.

L'*écorce* présente un accroissement complétement analogue à celui des plantes dont nous venons de parler. Au sommet, elle est représentée par une ou deux cellules séparant l'extrémité du cylindre de la couche calyptrogène. Le développement des couches de l'écorce s'effectue en sens centripète. La couche intérieure la plus jeune constitue la couche protectrice.

Le *cylindre central* se termine par trois cellules, dont les deux latérales surmontent chacune la série péricambiale, et une série intérieure donnant naissance au tissu du cylindre par divisions plus ou moins centrifuges. La cellule médiane surmonte une série qui se dédouble plus bas en donnant naissance aux quatre vaisseaux centraux.

Les coupes transversales démontrent aussi que le tissu du cylindre offre un développement plus ou moins centrifuge. Les cellules ne se disposent jamais en couches concentriques ; leurs séries radiales sont irrégulières et souvent obliques. Le centre du cylindre est d'abord occupé par une grosse cellule ; mais, à mesure que les coupes sont plus éloignées du sommet, on voit cette cellule se diviser en deux, puis en trois et en quatre, représentant les quatre vaisseaux centraux rayés.

Le cylindre d'une racine plus avancée contient quatre groupes de vaisseaux qui se réunissent au centre en forme de croix. Les extrémités de cette croix contiennent des vaisseaux spiralés d'un faible diamètre ; celui des vaisseaux rayés augmente vers le centre, où l'on trouve les quatre vaisseaux provenant de la série médiane.

LINUM USITATISSIMUM.

L'accroissement terminal de la racine du Lin appartient aussi au même type. En effet, nous trouvons dans le Lin une *coiffe* composée de séries verticales et de couches superposées très-régulières ; la coiffe est produite par l'activité d'une *couche calyptrogène* se transformant ensuite en *épiderme* (pl. 16, fig. 2).

L'*écorce* diffère à son sommet de celle des plantes examinées plus haut. La *couche sous-épidermique* qui, dans le *Fagopyrum* et l'*Helianthus*, n'était histogéniquement que la couche extérieure, est la plus vieille de l'écorce ; cette couche est ici continue et indépendante de l'écorce, dont elle recouvre même le sommet. Nous pensions d'abord que nos coupes démontrant cette indépendance n'étaient pas complétement médianes, et nous avons fait tout notre possible pour découvrir la réunion de cette couche à l'écorce, mais nos efforts sont toujours restés stériles ; et comme nous trouvions cette indépendance sur toutes les coupes parfaitement médianes, il nous a été permis de considérer cette indépendance comme un fait constaté. Tout le reste de l'écorce se développe en sens centripète comme dans les autres plantes; ses séries sont réunies au sommet en une ou deux cellules placées à côté l'une de l'autre.

Enfin le sommet du *cylindre central* est occupé par quatre cellules, dont les deux latérales représentent la réunion du péricambium au tissu du cylindre. Les deux cellules médianes terminent deux séries qui se dédoublent non loin du sommet dans un plan vertical à celui de notre coupe, et donnent naissance aux quatre vaisseaux centraux.

Les coupes transversales démontrent enfin que les vaisseaux se développent dans le cylindre central sur deux points opposés, et finissent par se réunir au centre pour former une seule lame vasculaire.

QUATRIÈME TYPE.

PISUM SATIVUM.

Les racines des Papilionacées et des Cucurbitacées que nous avons examinées possèdent un mode d'accroissement terminal tout particulier, et que nous n'avons observé dans aucune autre famille.

Un coup d'œil jeté sur une coupe longitudinale et médiane du sommet de la racine du Pois (pl. 16, fig. 3) laisse reconnaître les relations mutuelles des tissus primaires. On y voit que, là où se termine le cylindre central et l'écorce, il y a une assise particulière transverse à l'axe de la racine ; les divisions des cellules y sont fréquentes, et ont lieu en direction transversale à l'axe de la racine. Cette assise, que nous désignerons comme *assise génératrice transverse*, représente la limite de la coiffe ; les séries dont elle est constituée sont la continuation immédiate des séries verticales formant la *partie centrale* de la coiffe. C'est donc cette assise génératrice transverse qui régénère en sens acrofuge la partie centrale de la coiffe, mais la même assise régénère en sens acropète le tissu du *cylindre central* et de l'*écorce*. A cette fin, les séries qui la composent se dédoublent sans ordre appréciable, et forment le cylindre central compacte, et l'écorce creusée de méats intercellulaires.

La fonction de l'assise génératrice transverse produisant la partie centrale de la coiffe d'un côté, et le tissu du cylindre et de l'écorce de l'autre, imite à cet égard l'activité de la couche cambiale donnant naissance au bois à l'intérieur, et à l'écorce secondaire à l'extérieur.

Outre la partie centrale, la *coiffe* est encore composée de *parties latérales* formées de couches superposées. Ces couches sont produites par une *couche calyptrogène latérale* appliquée à l'écorce et touchant aux bords de l'assise génératrice transverse. L'*épiderme* se développe aux dépens de la couche calyptrogène latérale ; sa genèse, aussi bien que l'inégalité de sa

surface extérieure, est tout à fait semblable à celle du troisième type.

Le cylindre central et la coiffe ne contiennent pas d'air, celui-ci est seulement renfermé dans les méats intercellulaires de l'écorce, ainsi que dans cette partie de l'assise génératrice correspondant à l'écorce.

Une coupe transversale, faite au-dessus de l'assise génératrice, montre le tissu homogène de la coiffe ne contenant pas de méats. La membrane des cellules de quelques couches extérieures est épaisse et indique qu'elles sont déjà inertes et sur le point de s'exfolier.

Si la coupe traverse l'assise génératrice, on reconnaît une structure un peu plus compliquée (pl. 16, fig. 4), si l'on a pris soin d'examiner la coupe avec attention et à l'aide d'un grossissement suffisant. Le tissu occupant le centre ne contient pas de méats et correspond au cylindre central, il est entouré d'un tissu creusé de méats et correspondant à l'écorce; vient ensuite le tissu de la coiffe sans méats. Les limites de ces zones ne sont pas toujours très-distinctes, et il est souvent difficile de déterminer si telle ou telle cellule appartient à l'une ou l'autre zone.

Les tissus primaires qui ne sont pas encore nettement déterminés dans l'assise génératrice transverse deviennent au-dessous de celle-ci de plus en plus distincts. Une coupe transversale passant un peu au-dessous de l'assise démontre un cylindre central défini, composé d'un tissu homogène, entouré d'une couche péricambiale s'individualisant immédiatement au-dessous de l'assise (pl. 16, fig. 5). Dans l'écorce contenant des méats intercellulaires, une certaine quantité de cellules se divisent à l'aide de cloisons tangentielles, plus rarement radiales. La couche intérieure subit un sort tout différent et rappelle le développement de l'écorce dans les racines des trois premiers types. Les cellules dont elle est composée se divisent à l'aide de cloisons tangentielles, engendrées en sens centripète. A l'extérieur, l'écorce est revêtue par le tissu de la coiffe.

A mesure que les coupes transversales sont plus éloignées du sommet, on aperçoit un changement considérable dans le tissu

du cylindre central. Son tissu, d'abord homogène, entouré de péricambium, commence à se compliquer de plus en plus. Les divisions commencent par être beaucoup plus rares sur trois rayons symétriques soudés au centre qui se transformeront plus tard en lames vasculaires. Les faisceaux libériens futurs, alternes avec les lames vasculaires, sont composés de cellules étroites et liés aux lames vasculaires à l'aide d'un tissu conjonctif dont les membranes restent minces. Dans chaque faisceau libérien apparaissent d'abord deux ou trois tubes cribreux appuyés contre le péricambium (pl. 16, fig. 6); les autres cellules du faisceau se transforment, après un certain temps, en fibres libériennes.

La lignification des vaisseaux dans les lames a toujours lieu en sens centripète, bien que les vaisseaux extérieurs les plus minces soient définis les derniers.

L'écorce ne subit pas de changement remarquable; sa couche intérieure touchant le péricambium et issue des divisions centripètes dans la couche intérieure primitive, présente la structure typique de la couche protectrice.

A une certaine distance du sommet, la couche calyptrogène latérale cesse de fonctionner et se transforme en épiderme; la coiffe latérale s'exfolie peu à peu, et enfin la racine ne trahit plus son mode d'accroissement singulier.

PHASEOLUS VULGARIS.

Le mode d'accroissement du pivot et des radicelles du Haricot est complétement le même que dans le Pois. La partie centrale de la coiffe d'un côté, et le cylindre central et l'écorce de l'autre, sont engendrés par une *assise génératrice transverse* fonctionnant en deux directions. La partie latérale de la coiffe est produite par la *couche calyptrogène latérale* se transformant enfin en *épiderme*. Cette similitude complète nous dispensera de la description détaillée de la racine du Haricot, qui ne serait qu'une répétition de ce que nous avons dit au sujet du Pois.

La *coiffe* de la racine est relativement beaucoup plus courte

que dans le Pois, arrondie et non atténuée au sommet. Quatre rayons vasculaires se développent dans le cylindre central carré et correspondent à ses côtes ; les quatre faisceaux libériens, alternes avec les rayons vasculaires, occupent les angles du tétragone (pl. 16, fig. 7).

CUCURBITA PEPO.

L'accroissement des racines et des radicelles s'effectue tout à fait comme dans le Pois et le Haricot. La fonction de l'*assise génératrice transverse* aussi bien que l'origine de l'épiderme sont exactement les mêmes.

La symétrie du cylindre central est semblable à celle du Haricot, mais la position des lames vasculaires est inverse : celles-ci occupent les angles du tétragone, tandis que les faisceaux libériens correspondent aux côtes.

CINQUIÈME TYPE.

Ce type d'accroissement terminal, si caractéristique pour la racine des Gymnospermes, n'a pu être retrouvé dans aucune plante angiosperme. L'anatomie de la racine des Gymnospermes a été étudiée par M. Van Tieghem, tandis que leur accroissement terminal ne nous a été révélé qu'un peu plus tard par M. Strasburger et M. Reinke. Nos propres observations ont confirmé les travaux de ces savants, et il serait difficile d'y ajouter quelque chose. Néanmoins nous croyons nécessaire d'en dire quelques mots, afin de rendre nos conclusions générales plus compréhensibles et notre mémoire plus complet.

TAXUS BACCATA.

La racine de l'If, comme celles d'autres Conifères, ne contient au sommet que deux tissus primaires indépendants : le cylindre central et l'écorce.

Le sommet du *cylindre central* est occupé par quelques cel-

lules assez courtes et larges, au-dessous desquelles le tissu du cylindre commence à se résoudre en séries de cellules étroites et allongées. La couche péricambiale fait partie intégrante du cylindre qu'elle enveloppe; elle avance jusqu'à son sommet, où elle touche aux cellules terminales.

L'*écorce* ne diminue nullement en épaisseur vers le sommet, où ses couches passent au-dessus du cylindre sans s'interrompre. Dans sa partie axile correspondant au sommet du cylindre, on distingue l'arrangement des cellules, non-seulement en couches superposées, mais aussi en séries verticales. C'est cette partie de l'écorce qui remplit les fonctions de la coiffe faisant ici complétement défaut. Malgré cela, l'exfoliation des couches corticales intérieures est peu considérable dans l'If.

Les couches exfoliées sont remplacées par les divisions plus ou moins centripètes ayant lieu dans la partie apicale de l'écorce. Cette circonstance est cause que les couches de l'écorce ne sont pas exactement parallèles ni à la surface du cylindre central, ni à la surface extérieure de la racine. Engendrées d'abord auprès du cylindre, elles sont repoussées vers l'extérieur par les couches plus jeunes, divergent lentement en sens acropète et finissent par se terminer vers le sommet, complétement à la surface de la racine.

La couche protectrice est toujours la couche intérieure de l'écorce.

L'*épiderme*, toujours d'origine secondaire, n'est nullement une couche corticale continue, mais composé de ces portions des couches corticales qui se montrent à la surface. Celles-ci se revêtent de cuticules et donnent ensuite naissance aux poils radicaux qui restent toujours très-courts. La structure de l'épiderme est reconnaissable, non-seulement à la surface libre, mais aussi auprès du sommet, où il est encore recouvert d'une ou de deux couches en voie d'exfoliation.

La structure anatomique de la racine de l'If étant décrite par M. Van Tieghem et M. Strasburger, nous passerons ce sujet sous silence, et nous nous bornerons à ajouter que les tubes cribreux appuyés contre le péricambium et caractéris-

tiques pour les Angiospermes font ici complétement défaut dans les parties libériennes du cylindre.

THUIA OCCIDENTALIS, PINUS STROBUS, PINUS PINASTER.

Les racines de ces plantes se comportent d'une manière fort analogue à celle de l'If ; la partie axile de l'écorce y est seulement beaucoup plus développée.

Le *cylindre central* ne diffère pas sensiblement de celui de l'If ; le péricambium y a toujours la même origine. Les tubes cribreux appuyés contre le péricambium manquent dans les faisceaux libériens ; ce caractère négatif paraît être constant pour toutes les Gymnospermes.

Un *épiderme* bien défini n'existe pas sur la racine de ces plantes. Dans le *Pinus Strobus* on voit des poils radicaux assez courts naître de la couche corticale extérieure.

La partie apicale de l'*écorce* est toujours beaucoup plus forte que dans l'If; elle est plus considérable dans le *Pinus Pinaster*, où elle est deux fois plus longue que le diamètre total de la racine. Cette partie étant beaucoup plus volumineuse dans ces plantes, sa structure caractéristique est bien plus facile à reconnaître. Les séries verticales qui composent son axe sont beaucoup plus régulières que dans l'If, leurs divisions centripètes beaucoup plus fréquentes. Pour ce motif, la disposition des couches corticales est encore moins régulière, et celles-ci divergent très-sensiblement en sens acropète. La couche intérieure devient la couche protectrice.

Selon nous, la *partie apicale de l'écorce* de ces plantes a beaucoup d'analogie avec la *coiffe* de l'*Helianthus*. Toutes les deux possèdent une structure et un développement semblables et s'exfolient de la même manière ; néanmoins ces tissus sont tout à fait différents au point de vue histogénique. En considérant la valeur physiologique de ces deux productions, leur ressemblance devient encore plus frappante. L'écorce de la racine des Conifères s'atrophie et s'exfolie de bonne heure (1), en ne laissant

(1) Conf. Van Tieghem, *loc. cit.*, p. 204.

que la couche protectrice persistante; la coiffe de l'*Helianthus* s'exfolie de la même manière, et il n'en reste ensuite que sa couche intérieure transformée en épiderme.

CONCLUSIONS.

Pour donner une idée du mode d'accroissement des racines dans les Phanérogames, nous avons analysé quelques plantes de chaque type. Une description détaillée des racines d'autres plantes déjà analysées aurait été sans utilité et aurait rendu notre travail beaucoup trop long. Mais nous allons faire l'énumération des plantes examinées, d'autant plus que cette liste me semble fort instructive.

Premier type. — Racines adventives : *Hydrocharis morsus-ranæ*. — Radicelles : *Pistia Stratiotes*.

Deuxième type. — Pivot : *Allium odorum*, *A. glaucum*. — Pivot et racines latérales de l'embryon : *Hordeum vulgare*, *Triticum sativum*, *Zea Mays*, *Canna speciosa*. — Racines adventives : *Stratiotes aloides*, *Alisma Plantago*, *Acorus Calamus*.

Troisième type. — Pivot : *Helianthus annuus*, *Linum usitatissimum*, *Fagopyrum esculentum*, *Raphanus sativus*. — Racines adventives : *Myriophyllum spicatum*, *Salix alba*, *S. fragilis*, *Elodea canadensis*. — Radicelles : *Casuarina stricta*.

Quatrième type. — Pivot et radicelles : *Pisum sativum*, *Phaseolus vulgaris*, *Cicer arietinum*, *Cucurbita maxima*, *C. Pepo*.

Cinquième type. — *Taxus baccata*, *Thuia occidentalis*, *Pinus Strobus*, *P. Pinaster*, *Abies balsamea*.

En fixant l'attention sur cette liste, il est facile de remarquer que les racines des Gymnospermes appartiennent au cinquième type, celles des Dicotylédones angiospermes au troisième et au quatrième, et enfin les racines des Monocotylédones au premier type, très-peu nombreux, ainsi qu'au deuxième.

Examinons maintenant comment varie chaque tissu primaire dans tous nos types.

I. Dans les racines des *Hydrocharis*, la coiffe est fugace ; sa genèse est inconnue. Les radicelles du *Pistia* possèdent une coiffe

également fugace et indépendante de l'épiderme ; mais leur origine est commune. La couche corticale intérieure de la racine mère se dédouble en deux couches, dont l'une se transforme en épiderme, tandis que l'autre donne naissance à la coiffe.

II. Dans ce type, la coiffe est produite par une couche calyptrogène ; elle est tantôt composée de couches régulières (*Allium*, *Alisma*), tantôt constituée par des séries verticales, dont les cellules ne se disposent jamais en couches superposées (*Hordeum*, *Triticum*).

III. La coiffe est ici engendrée par une couche calyptrogène, et composée de couches superposées plus ou moins régulières. Au sommet, on voit souvent une disposition en séries verticales.

IV. Deux parties d'origine différente sont à distinguer dans la coiffe. La portion centrale est composée de séries verticales, et régénérée par l'assise génératrice transverse ; la portion latérale est produite par une couche calyptrogène latérale, par conséquent constituée de couches superposées.

V. La coiffe, comme tissu primaire, n'existe pas du tout ; sa fonction est exercée par l'extrémité de l'écorce primaire.

L'épiderme.

I. Dans la racine de l'*Hydrocharis*, il constitue un tissu primaire indépendant qui sépare l'écorce de la coiffe ; sa genèse est inconnue. Les radicelles du *Pistia* ont également un épiderme indépendant de la coiffe ; cependant l'organogénie des radicelles nous apprend que l'origine de ces deux tissus est commune.

II. L'épiderme de la racine n'est autre chose que la couche corticale extérieure ; il est tantôt engendré avant toutes les autres couches de l'écorce (*Zea*, *Alisma*), tantôt aussi il peut résulter du dédoublement de la première couche corticale (*Hordeum*, *Stratiotes*).

III. Dans ce type, l'épiderme provient toujours de la transformation de la couche calyptrogène qui a fini son rôle générateur, et il se développe en sens acropète. Dans les parties en-

core couvertes par la coiffe, sa surface extérieure n'est pas plane ; elle représente plutôt un escalier, dont chaque degré supporte une couche de la coiffe.

IV. La couche calyptrogène latérale se transforme en épiderme, dont l'origine est par conséquent identique avec le troisième type.

V. Un épiderme défini fait souvent défaut ; s'il existe, il ne forme jamais de couche continue, et se compose des portions extérieures des couches corticales divergentes.

L'écorce.

I. L'ordre d'apparition des couches corticales est exclusivement centripète. En outre, dans l'*Hydrocharis*, la couche extérieure de l'écorce se divise en deux ou trois feuillets, et donne ainsi naissance à l'écorce extérieure collenchymateuse, mais peu développée.

II. L'écorce se développe tantôt en sens strictement centripète (*Hordeum*, *Alisma*), tantôt elle augmente de volume par la division postérieure des couches centripètes (*Zea*). Nous ne connaissons qu'une seule plante où toute l'écorce aérifère se développe en sens centrifuge (*Acorus Calamus*). La couche corticale extérieure se transforme en épiderme, tandis que la couche sous-jacente sous-épidermique peut devenir le siége d'une production toute spéciale, et engendrer en sens centrifuge toute l'écorce extérieure collenchymateuse (*Stratiotes*).

III. Toutes les couches corticales sont engendrées en sens centripète (*Myriophyllum*), où le nombre des couches ainsi développées est au commencement très-réduit, et augmente ensuite à l'aide de divisions répétées, sans aucun ordre apparent (*Helianthus*). Dans certaines plantes, la couche sous-épidermique (extérieure) est complétement indépendante de l'écorce, et individualisée même au sommet (*Linum*).

IV. Dans ce type, c'est l'assise génératrice transverse qui contribue à l'accroissement terminal de l'écorce, à l'aide des divisions s'opérant dans l'anneau aérifère de cette assise. Le volume

de l'écorce augmente, surtout par les divisions centripètes de sa couche intérieure.

V. Le sommet de l'écorce est très-volumineux, et remplace la coiffe. Les divisions centripètes et intercalaires ont lieu seulement au sommet, où les couches extérieures s'exfolient peu à peu. Pour ce motif, les couches corticales ne sont pas parallèles à la surface de la racine, mais divergent vers le sommet. Ces portions des couches corticales qui se montrent à la surface se transforment quelquefois en épiderme (*Taxus*).

Le cylindre central.

I. Les radicelles du *Pistia* possèdent un cylindre central de la structure la plus simple : un vaisseau médian entouré de péricambium. Dans l'*Hydrocharis*, le cylindre est assez compliqué, et composé d'un faisceau central et d'une partie périphérique, de laquelle se sépare d'abord le péricambium, et dans laquelle se développent les vaisseaux et les tubes cribreux.

II. Dans ce type, on trouve le faisceau central du cylindre, tantôt réduit à un vaisseau médian unique (*Hordeum*, *Triticum*, *Alisma*), tantôt beaucoup plus volumineux, et ne contenant jamais de vaisseaux (*Zea*, *Stratiotes*). La partie périphérique donne naissance au tissu essentiel du cylindre.

III. Le faisceau central, reconnaissable au sommet du cylindre, est réduit aux vaisseaux centraux au nombre de deux (*Helianthus*) ou de quatre (*Fagopyrum*, *Linum*). Tout le reste du tissu du cylindre se développe aux dépens de la partie périphérique.

IV. Le cylindre central de ce type est engendré comme l'écorce par l'assise génératrice transverse, dont les séries se divisent sans ordre apparent. Le tissu du cylindre est par conséquent d'abord homogène et entouré de la couche péricambiale.

V. Le sommet du cylindre est composé d'un tissu homogène, où l'on ne peut distinguer de faisceau central et de tissu périphérique, seulement le péricambium est individualisé tout près du sommet.

CONSÉQUENCES THÉORIQUES.

En comparant les racines des Phanérogames avec celles des Archégoniates vasculaires, nous constatons une différence essentielle dans leur accroissement terminal, qui s'effectue d'après des principes inverses. Dans les Archégoniates vasculaires, le *Lycopodium* excepté, tous les tissus de la racine proviennent de la segmentation d'une cellule terminale, ou plutôt génératrice, unique (*Scheitelzelle*), tandis que dans les Phanérogames cette cellule n'existe pas du tout, et leurs tissus primaires sont, dans la pluralité des cas, déjà individualisés dans le sommet végétatif.

La *coiffe* est un tissu indépendant du corps de la racine ; elle est régénérée (sauf le premier type) par une couche calyptrogène, qui, après avoir fini son rôle générateur, s'exfolie avec les parties inertes de la coiffe (deuxième type), ou se transforme immédiatement en épiderme (troisième et quatrième types). Dans les Gymnospermes, la coiffe n'existe pas, et sa fonction est remplacée par le sommet de l'écorce (cinquième type).

Dans les Archégoniates vasculaires, les nouvelles couches de la coiffe sont toujours produites par la division transverse de la cellule génératrice.

L'*épiderme* est un tissu très-vague, et peut complétement manquer (cinquième type). Il est rarement indépendant (premier type), et provient de la transformation de la couche corticale extérieure (deuxième et cinquième types), ou de la transformation de la couche calyptrogène (troisième et quatrième types).

Dans les Archégoniates vasculaires, la couche épidermique s'individualise après le cylindre central et reste toujours indivise, excepté dans quelques Fougères (*Polypodium*, *Blechnum*, *Cystopteris*) (1).

L'*écorce primaire* est un tissu toujours individualisé et séparé

(1) Nägeli et Leitgeb, *loc. cit.*, p. 81.

du cylindre central. Dans les trois premiers types (excepté le Lin), l'écorce est réunie au sommet en une seule couche, qu'on pourrait considérer comme point végétatif de l'écorce. Le nombre des cellules contenues dans cette couche simple est très-petit; on en trouve en coupe longitudinale une, deux, trois, quatre tout au plus. On pouvait se demander s'il n'existerait pas dans ce cas, au milieu de ce point végétatif, une cellule médiane qui fonctionnerait comme cellule génératrice, en donnant naissance à des segments réguliers; nos recherches ont donné une réponse négative, et nous avons pu reconnaître que, dans l'*Hydrocharis*, le centre du point végétatif cortical était occupé par quatre cellules équivalentes (pl. 13, fig. 5).

Depuis son point végétatif, l'écorce augmente de volume, et se divise à l'aide de cloisons tangentielles successives, d'abord en deux couches, puis en trois, quatre, etc. A mesure qu'on s'éloigne du sommet, le nombre des couches corticales centripètes (centrifuges seulement dans l'*Acorus Calamus*) se multiplie jusqu'au point où la couche intérieure se transforme en *couche protectrice*. Une régularité parfaite dans le développement centripète de l'écorce existe réellement dans certaines plantes (*Myriophyllum, Alisma*), tandis que dans d'autres le nombre des couches primitives augmente par leur division postérieure (*Zea, Helianthus*).

L'*écorce extérieure* collenchymateuse est toujours une formation secondaire : tantôt elle provient de la division de la couche corticale extérieure, et est peu développée (*Hydrocharis*, *Myriophyllum*); tantôt elle résulte des divisions centrifuges de la couche sous-épidermique, et atteint alors un volume à peu près égal à celui de l'écorce primaire (*Stratiotes*). Le dernier cas n'est pas du tout commun.

Dans le cinquième type, l'écorce est plus volumineuse au sommet qu'à la périphérie de la racine; dans le quatrième type, elle tire son origine de l'*assise génératrice transverse*. L'accroissement de l'écorce est dans ces deux types tout différent de ce qu'il est dans les trois premiers ; son schéma résulte de ce qui a été dit précédemment.

Dans les Archégoniates vasculaires, la zone donnant naissance à l'écorce de la racine se divise d'abord en deux couches, dont l'extérieure engendre toute l'écorce extérieure à l'aide des divisions plus ou moins centrifuges, tandis que l'écorce intérieure se développe en sens centripète, et tire son origine de la couche intérieure. En outre, ces deux zones de l'écorce se distinguent par leur structure anatomique ; les méats intercellulaires existent seulement dans l'écorce intérieure, et sur la limite avec la zone extérieure (1).

La comparaison de la racine du *Stratiotes* avec celles des Archégoniates vasculaires démontre une analogie incontestable dans le mode du développement des deux zones corticales, et une certaine similitude de leur structure anatomique (2).

Le *cylindre central* des racines est composé dans les trois premiers types de deux parties plus ou moins distinctes au sommet : un faisceau axile différemment développé et une zone périphérique. Dans les deux derniers types, le cylindre est homogène au sommet. En tout cas, le *péricambium* est individualisé de très-bonne heure, et commence depuis le sommet du cylindre.

Dans les Archégoniates vasculaires, les premières cloisons tangentielles du cylindre définissent le péricambium (les Prêles exceptées, où celui-ci n'existe pas), qui reste simple pour la plupart, ou se divise en deux ou très-rarement en trois couches (3).

L'individualisation précoce du péricambium est complétement analogue dans les Phanérogames et les Archégoniates vasculaires; si, dans celle-ci, le péricambium est quelquefois divisé en deux ou trois couches, nous pourrons trouver peut-être un cas analogue dans certaines Gymnospermes, et surtout dans les Papilionacées, où la couche péricambiale se dédouble toujours en face des groupes vasculaires, et ne reste simple qu'au milieu entre deux groupes voisins.

La comparaison que nous venons de faire nous apprend une chose bien importante pour la morphologie et l'histogénie. Dans

(1) Nägeli et Leitgeb, *loc. cit.*, p. 81, 82.

(2) Van Tieghem, *loc. cit.*, p. 282.

(3) Nägeli et Leitgeb, *loc. cit.*, p. 83, 84.

la racine, nous possédons l'exemple d'un organe dont l'accroissement terminal s'opère, dans les Phanérogames, d'après un principe tout contraire à celui des Archégoniates vasculaires ; mais dans lequel le développement des tissus primaires s'effectue souvent d'une manière très-analogue. Nous avons donc ici une nouvelle preuve que, dans la nature, le même but peut être atteint par deux moyens complétement contraires.

Les recherches exécutées pendant l'impression de notre travail nous ont appris que l'accroissement des racines adventives du *Pistia Stratiotes* s'effectue d'après le même principe que celui des radicelles. Leur épiderme est un tissu indépendant de l'écorce et de la coiffe ; il est par conséquent continu, même au sommet de la racine.

EXPLICATION DES PLANCHES.

Toutes les figures ont été dessinées à la camera lucida ; la plupart ont été ensuite réduites soit par la photographie, soit par la chambre claire. — Dans nos préparations, l'air a toujours été éliminé par l'alcool.

agt, assise génératrice transverse ; — *cal*, couche calyptrogène ; — *ca*, canaux aérifères ; — *cc*, cylindre central ; — *cf*, coiffe ; — *cf. lat*, coiffe latérale ; — *cf. cent*, coiffe centrale ; — *cm*, couche mère de l'écorce extérieure ; — *cp*, couche protectrice ; — *c. s-ép.*, couche sous-épidermique ; — *ct*, cuticule ; — *ea*, espace aérifère ; — *éc*, écorce ; — *éc. ex.* écorce extérieure ; — *éc. in*, écorce intérieure ; — *ép*, épiderme ; — *fc*, faisceau central du cylindre ; — *fl*, faisceau libérien ; — *gr*, gaîne radicale (coléorhize) ; — *lv*, lame vasculaire future ; — *pc*, péricambium ; — *pr*, poil radical ; — *sc*, scutule (cotylédon) ; — *st*, stipule ; — *t. cr*, tubes cribreux ; — *v*, vaisseau ; — *v. sp*, vaisseau spiralé.

PLANCHE 13.

Hydrocharis Morsus-ranæ

Fig. 1. Coupe longitudinale d'une racine adventive perçant le tissu de la tige. — Gross. 70 diam.

Fig. 2. Le sommet de la même coupe à un grossissement plus considérable. — Gross. 175 diam.

Fig. 3. Racine adventive recouverte d'une coiffe à trois couches, dont l'extérieure A est la plus courte, et l'intérieure C la plus longue. — Gross. 5 diam.

Fig. 4. Coupe transversale de la racine développée. Gross. — 110 diam.

Fig. 5. Coupe transversale du sommet de la racine ayant passé par la coiffe, l'épiderme (*o*) et le sommet de l'écorce. — Gross. 175 diam.

Fig. 6. Coupe transversale du sommet de la racine ayant traversé le sommet du cylindre central dans lequel on reconnaît une cellule centrale (faisceau central) et six cellules périphériques (tissu périphérique du cylindre). — Gross. 175 diam.

Fig. 7. Coupe transversale prise un peu plus bas. La cellule centrale du cylindre est déjà divisée en deux; trois cellules périphériques du cylindre se sont divisées parallèlement à la surface en deux couches, dont l'extérieure représente le péricambium. — Gross. 175 diam.

Fig. 8. Coupe transversale prise encore plus profondément. Deux vaisseaux et deux tubes cribreux sont déjà définis. — Gross. 175 diam.

PLANCHE 14.

Pistia Stratiotes.

Fig. 1. Coupe longitudinale du sommet d'une jeune radicelle. — Gross. 240 diam.

Fig. 2. Coupe transversale d'une radicelle. — Gross. 175 diam.

Fig. 3. Coupe longitudinale optique d'une radicelle dont la coiffe fut enlevée artificiellement. — Gross. 240 diam.

Hordeum vulgare.

Fig. 4. Coupe longitudinale du sommet d'une racine principale (pivot).— Gross. 175 diam.

Fig. 5. Coupe transversale d'une racine développée. — Gross. 175 diam.

Fig. 6. Coupe longitudinale d'une graine semée avant deux jours. La coiffe possède déjà sa structure caractéristique, mais elle n'est pas encore détachée de la gaîne radicale. — Gross. 15 diam.

Zea Mays.

Fig. 7. Coupe longitudinale du sommet du pivot. Une petite portion en est seulement dessinée. — Gross. 175 diam.

Fig. 8. Petite portion d'une coupe transversale. Le péricambium est divisé en deux couches dans les environs du groupe vasculaire; le vaisseau spiralé extérieur est avorté. — Gross. 175 diam.

PLANCHE 15.

Zea Mays.

Fig. 1. Coupe longitudinale d'une graine semée quatre jours auparavant. La gaîne radicale a commencé à se déchirer, la coiffe n'est donc pas encore individualisée. — Gross. 15 diam.

Fig. 2. Sommet d'une racine en coupe longitudinale, d'abord après la germination. — Gross. 15 diam.

Stratiotes aloides.

Fig. 3. Coupe longitudinale du sommet d'une racine adventive. La moitié de la coiffe est seulement dessinée. — Gross. 110 diam.

Fig. 4. Coupe transversale d'une racine adventive non loin de son sommet. — Gross. 110 diam.

Helianthus annuus.

Fig. 5. Coupe longitudinale du pivot d'une graine ayant à peine commencé à germer. — Gross. 100 diam.

Fig. 6. Coupe transversale passant par le sommet du cylindre central. On y distingue la cellule axile donnant ensuite naissance aux deux vaisseaux centraux. La partie périphérique du tissu du cylindre est déjà composée de deux couches, dont l'extérieure représente le péricambium. — Gross. 175 diam.

Fagopyrum esculentum.

Fig. 7. Coupe longitudinale du sommet du pivot. — Gross. 210 diam.

PLANCHE 16.

Helianthus annuus.

Fig. 1. Coupe transversale du pivot tout près de son sommet. — Gross. 175 diam.

Linum usitatissimum.

Fig. 2. Coupe longitudinale du sommet du pivot. La couche sous-épidermique est complétement indépendante du tissu de l'écorce. — Gross. 175 diam.

Pisum sativum.

Fig. 3. Coupe longitudinale du sommet du pivot. — Gross. 100 diam.

Fig. 4. Coupe transversale passant par l'assise génératrice transverse. — Gross. 100 diam.

Fig. 5. Coupe transversale passant un peu au-dessous de l'assise génératrice transverse. — Gross. 110 diam.

Fig. 6. Coupe transversale prise à une certaine distance de l'assise génératrice transverse. Dans le tissu du cylindre on peut déjà reconnaître la position des lames vasculaires futures et des faisceaux libériens contenant déjà des tubes cribreux. — Gross. 110 diam.

Phaseolus vulgaris.

Fig. 7. Coupe transversale du pivot à une certaine distance du sommet. La forme du cylindre central et sa symétrie quaternaire y sont à voir. — Gross. 110 diam.

RECHERCHES

SUR

L'ACCUMULATION PROGRESSIVE DE L'AMIDON DANS LE GRAIN DE BLÉ

A DIVERSES ÉPOQUES DE SON DÉVELOPPEMENT

Par M. Isidore PIERRE,
Correspondant de l'Institut.

Le grain de Blé se compose principalement : d'une enveloppe corticale un peu complexe, d'amidon, de matières azotées, d'une petite quantité de matière sucrée, d'une quantité minime de matières grasses, et enfin d'une petite quantité de substances salines, notamment de phosphates et de sels potassiques.

La matière sucrée et les matières grasses ne subissent, pendant les trois dernières semaines de développement du grain, que des variations de trop peu d'importance en quantité, pour qu'il soit absolument nécessaire d'en tenir compte, dans des recherches qui n'ont pas ces substances pour principal objet.

De même encore, à partir du moment où le grain a acquis *tout son développement en volume*, et il l'acquiert de très-bonne heure, *peu de temps après la fécondation*, l'enveloppe corticale n'éprouve plus guère d'autres changements que ceux qui résultent d'une consolidation et d'une consistance plus grande ; son poids, considéré à l'état *sec*, reste dès lors sensiblement constant.

Il en résulte qu'abstraction faite des matières azotées, la *proportion* de matières organiques, pour un poids donné de grain, ne subit que des changements de bien peu d'importance (moins de 2 pour 100), bien que le *poids total* de matière organique du grain, considéré à l'état sec, éprouve une augmentation de 175 pour 100 ; d'où cette conséquence que si, du poids total du

grain sec, on retranche l'ensemble des diverses matières qui ont été précédemment énumérées, on aura approximativement le poids de l'amidon.

En d'autres termes, comme les autres matières qui accompagnent l'amidon se trouvent toujours en faibles proportions, peu variables, on ne s'éloignera pas beaucoup de la vérité en admettant que les *accroissements* de poids du grain sont sensiblement dans le même rapport que les accroissements de poids de l'amidon qu'il renferme.

Cela posé, voici, rapportés à l'hectare, les poids obtenus :

1° Pour le grain considéré à son état normal d'humidité au moment de l'observation ;

2° Pour le grain entièrement privé d'eau ;

3° Pour le même grain, défalcation faite des matières azotées qu'il contenait, à diverses époques, pendant les trois semaines qui ont précédé la maturité :

	Grain à l'état naturel.	Grain sec.	Le même, défalcation faite des matières azotées.
	Kil.	Kil.	Kil.
6 juillet...........	2294	755,7	651
11 id.	3075	1205,5	919
15 id.	3374	1397	1171,5
20 id.	3416	1701,3	1426
25 id.	3360	2070,4	1738

On en déduit, pour l'accroissement quotidien du poids de l'amidon pendant l'intervalle qui sépare deux observations consécutives :

	Accroissement par jour.	Accroissement total rapporté au poids primitif.
	kil.	
Du 6 au 11 juillet.............	53,6	8,25 p. 100.
Du 11 au 15 id.	63,1	79,8
Du 15 au 20 id.	50,9	119
Du 20 au 25 id.	60,2	167
Moyenne	57	

Bien que les nombres par lesquels sont représentés les accroissements quotidiens successifs présentent des écarts sensibles, dont la principale cause peut être attribuée à la variation des condi-

tions atmosphériques dans le passage d'une des périodes de cinq jours à la suivante, nous croyons ne pas nous écarter trop de la vérité en admettant, comme *accroissement moyen par vingt-quatre heures*, l'accroissement total divisé par le nombre des jours, ou $\frac{1}{19}(1738 - 651) = \frac{1087}{19} = 57^{k},2$.

Nous avons rapporté nos résultats à l'état de matière complétement desséchée; la comparaison faite à l'état humide ne nous paraît pas de nature à donner une idée bien exacte des choses, parce que la proportion d'humidité varie beaucoup d'un jour à l'autre, comme il sera facile de s'en convaincre à l'inspection du tableau ci-après :

	Grain vert frais.	Eau.	Matière sèche.
6 juillet	1000	670,5	329,5
11 id.	1000	607,9	392,1
15 id.	1000	586	414
20 id.	1000	502	498
25 id.	1000	383,8	616,2

Au moment de la récolte, faite dans de bonnes conditions moyennes de maturité, le Blé contient encore, dans nos départements du nord-ouest, 38 pour 100 d'humidité, c'est-à-dire plus du double de ce qu'on en trouve dans le Blé livrable sur nos marchés.

Il n'est pas sans intérêt de suivre, parallèlement à l'accroissement de l'amidon, l'accumulation de certains principes auxquels on attribue, dans l'accomplissement des phénomènes généraux de la végétation, un rôle considérable (azote, phosphore, potassium), dans le but de voir s'il est permis de leur attribuer une influence sensible dans le développement de l'amidon.

En ce qui concerne l'azote, cette comparaison m'a conduit aux résultats suivants :

	Proportion d'azote par kil. de grain.	Poids total d'azote pour un hectare.
	gr.	kil.
6 juillet	18,29	15,82
11 id.	21,01	25,33
15 id.	21,21	29,63
20 id.	22,99	38,96
25 id.	22,81	47,23

Ce tableau nous montre que, jusqu'à la dernière semaine, pendant laquelle elle semble cesser de croître, la *proportion* d'azote contenu dans un kilogramme de grains de Blé subit un accroissement progressif assez notable, mais que le *poids total* de l'azote contenu dans la récolte d'un hectare augmente beaucoup plus rapidement, même pendant la dernière semaine, où cet accroissement est encore de plus de 30 pour 100.

Si, au moyen de ces données, nous calculons l'accroissement de poids que subissent par vingt-quatre heures les *matières azotées* du grain pendant les trois dernières semaines, et si l'on compare au poids primitif la somme de ces accroissements successifs aux différentes époques d'observation, on trouve :

	Accroissement par 24 heures par hectare.	Accroissement total par rapport au poids primitif du 6 juillet.
	kil.	
Du 6 au 11 juillet	11,78	60,1 p. 100.
Du 11 au 15 id.	6,60	81,7
Du 15 au 20 id.	11,59	146,3
Du 20 au 25 id.	10,16	197,6
Moyenne	10,05	

L'*accroissement de poids total de la matière azotée*, comparé au poids primitif de cette matière au commencement des observations, *est constamment plus rapide* que celui des matières organiques en général et de l'*amidon* en particulier.

Une étude semblable sur l'accumulation de l'acide phosphorique a donné, entre autres résultats, les suivants :

	Acide phosphorique par kil. de grain.	Acide phosphorique total par hectare.
	gr.	kil.
6 juillet	8,33	6,29
11 id.	7,88	9,49
15 id.	6,34	8,85
20 id.	5,62	9,54
25 id.	4,77	9,88

Le poids total de l'acide phosphorique dans le grain atteint presque son maximum, alors que celui de l'azote n'a pas encore atteint les trois cinquièmes de sa valeur, et que celui de l'amidon

n'a guère dépassé la moitié de ce qu'il doit devenir à l'époque de la maturité du grain. Il en résulte naturellement que la richesse du grain en phosphate va constamment en diminuant jusqu'à la maturité.

Est-il permis de conclure de là que l'acide phosphorique, le phosphore ou les phosphates, doivent jouer, dans la production ou dans l'accumulation de l'amidon, un rôle considérable, présider en quelque sorte à cette production? Ce serait peut-être dépasser les limites définies aujourd'hui par l'expérience.

Qu'il me soit cependant permis de rappeler d'anciennes expériences faites il y a plus de vingt ans, d'après lesquelles l'emploi des phosphates sur le Blé et sur le Sarrasin aurait pour effet inévitable un accroissement de rendement et de qualité du grain, faits qui viendraient à l'appui des conclusions que nous n'osons cependant pas encore formuler d'une manière explicite.

Examinons enfin la marche de l'accroissement de la potasse comparé à celui de l'amidon ; le tableau suivant nous facilitera cette comparaison :

	Potasse par kilog. de grain.	Poids total de potasse par hectare.
	gr.	kil.
6 juillet	6,65	5,03
11 id.	6,34	7,65
15 id.	4,43	6,17
20 id.	4,39	7,47
25 id.	5,38	11,13

Le grain, considéré en lui-même, s'appauvrit de potasse à mesure qu'il approche de la maturité, ce qui montre que la potasse s'y accumule moins vite que l'amidon. Les accroissements successifs du poids total de la potasse conduisent à la même conclusion.

Parmi les conséquences qu'il semble permis de tirer de l'ensemble de ce travail, nous pourrions citer les suivantes :

1° L'accumulation de l'amidon se fait d'une manière continue et presque uniforme pendant les trois dernières semaines de développement du grain de Blé.

2° Cet accroissement peut être estimé à 57 kilogrammes par

hectare et par jour, se totalisant par un chiffre de 160 pour 100 du poids primitif observé au commencement des expériences.

3° L'accroissement de poids total de la matière azotée du grain, comparé au poids primitif de cette matière au commencement des observations, est constamment plus rapide que celui des matières organiques en général, et de l'amidon en particulier.

4° Le phosphore ou l'acide phosphorique atteint dans le grain son maximum de poids bien plus tôt que l'amidon ; d'où il semble permis de croire qu'il peut exercer une influence spéciale sur le développement de cette dernière substance.

5° La potasse, au contraire, s'accumule dans le grain moins vite que l'amidon ; ce qui semblerait faire croire que son rôle actif, s'il existe, doit probablement s'exercer en grande partie en dehors du grain sur l'amidon.

RECHERCHES

SUR LE DÉVELOPPEMENT DES RADICELLES DANS LES PHANÉROGAMES

Par M. Ed. DE JANCZEWSKI.

Mémoire communiqué à l'Académie des sciences de Cracovie le 20 juin 1874 (1).

Dans notre mémoire précédent (2), nous avons démontré que l'accroissement terminal des racines s'effectue dans les Phanérogames d'après cinq types différents. Mais ces types sont-ils les seuls qui existent, et ne serait-il pas possible d'en trouver encore d'autres : cette question ne pourra être résolue que par des recherches bien plus nombreuses que celles que nous avons exécutées.

Pendant notre travail sur l'accroissement terminal des racines, nous avons aussi porté notre attention sur le développement des radicelles, en tâchant de découvrir s'il n'y avait pas de parallélisme entre le mode de développement et l'accroissement postérieur de ces organes. Si notre supposition n'a pas toujours été réalisée, nous avons rencontré quelquefois des faits complétement inattendus. Nous croyons donc que les résultats de nos recherches ne sont pas dépourvus d'intérêt, d'autant plus que la partie du travail de M. Reinke qui traite ce sujet est loin d'être satisfaisante (3).

Ayant découvert la différence dans l'accroissement terminal des racines, nous avons trouvé une bonne indication pour celles

(1) *Mémoires de l'Académie des sciences de Cracovie,* vol. II.

(2) *Recherches sur l'accroissement terminal de la racine dans les Phanérogames* (*Ann. sc. nat.*, 5e série, t. XX, p. 162).

(3) Reinke, *Untersuchungen ueber Wachsthumsgeschichte und Morphologie der Phanerogamen-Wurzel*, 1871.

des plantes qui devaient être soumises à nos recherches. Pour ce motif, nous avons examiné le développement des radicelles dans les cinq types en suivant l'ordre des faits acquis. Nous ajouterons enfin des considérations générales sur le sujet en question.

En ce qui concerne les travaux de nos prédécesseurs, nous nous permettons de passer sous silence les opinions antérieures, nous bornant à indiquer seulement celles qui ont été énoncées depuis peu par MM. Nägeli et Leitgeb (1), ainsi que la théorie plus récente de M. Reinke.

D'après MM. Nägeli et Leitgeb, c'est le péricambium de la racine mère qui donne naissance au cylindre central et à l'écorce de la radicelle, tandis que la coiffe de celle-ci dérive de la couche corticale intérieure (protectrice) de la racine mère. Ces auteurs ont négligé la genèse de l'épiderme de la radicelle ; ils ont examiné le développement des radicelles dans le *Pontederia crassipes*, l'*Oryza sativa*, le *Veronica Beccabunga*, le *Lysimachia thyrsiflora* et le *Nasturtium officinale*.

Ces botanistes ont encore observé que, dans le *Limnanthemum geminatum*, la coiffe s'épaissit par les divisions tangentielles ayant lieu dans l'épiderme de la radicelle, tandis que dans l'*Oryza* on voit se détacher du sommet de la radicelle une cellule qui s'élargit, se divise, constitue la portion intérieure de la coiffe, et contribue ainsi à augmenter son volume.

L'opinion de M. Reinke sur l'origine de la coiffe est complétement opposée à celle de MM. Nägeli et Leitgeb. Voyons comment il résume ses observations :

« L'ébauche de la radicelle est toujours endogène et constituée par le péricambium. Un groupe de cellules péricambiales se divise en sens radial, puis ces cellules s'allongent et se coupent en sens tangentiel. Des deux couches cellulaires ainsi formées, l'extérieure constitue le *dermatogène*, qui produit ensuite la coiffe. Le groupe intérieur des cellules se cloisonne, et donne naissance à des séries verticales à l'axe de la racine mère. Les cellules su-

(1) *Entstehung und Wachsthum der Wurzeln*, in C. Nägeli's *Beiträge zur wissenschaftlichen Botanik.*, 4e cahier, 1868.

périeures de ces séries se divisent obliquement, et constituent les courbes paraboloïdes du *périblème*, tandis que le *plérome* est composé de cellules sous-jacentes se divisant à l'aide de cloisons moins obliques (1). »

Les recherches de M. Reinke ont été effectuées sur le *Trapa natans*, l'*Helianthus annuus*, l'*Impatiens Balsamina* et le *Pistia Stratiotes*. Quoique bien plus récentes, elles sont malheureusement beaucoup inférieures aux observations de MM. Nägeli et Leitgeb.

La comparaison de nos résultats avec ceux de MM. Nägeli et Leitgeb d'une part, et avec ceux de M. Reinke de l'autre, démontrera suffisamment que, s'il existe quelque règle générale pour les Phanérogames, c'est seulement celle qui démontre que le cylindre central de la radicelle provient toujours du péricambium de la racine mère.

La méthode dont nous nous sommes servis pendant le cours de nos recherches a toujours consisté à faire des tranches transversales de la racine mère, afin d'obtenir par ce moyen les coupes longitudinales (axiles) des radicelles naissantes. Ce procédé est le meilleur, car il nous permet d'obtenir toujours de bonnes préparations. Dans le cas, en effet, où, dans leur état plus avancé, les radicelles sont obliquement insérées sur l'axe de la racine mère, les coupes longitudinales sont indispensables ; mais en toute autre circonstance, il faut les éviter, à cause de la difficulté d'obtenir une tranche complétement parallèle à l'axe de la radicelle.

PREMIER TYPE.

PISTIA STRATIOTES.

Le développement des radicelles de cette plante a été étudié par M. Reinke ; mais les résultats qu'il a obtenus n'ont pas été confirmés par nos observations. Cette divergence d'opinion dépend évidemment d'une interprétation différente des faits. Dans

(1) *Loc. cit.*, p. 48.

sa figure 11 (pl. 2), représentant les états rudimentaires des radicelles, M. Reinke désigne l'écorce primaire comme épiderme (dermatogène); tandis que, d'après nos observations, l'épiderme n'est pas encore individualisé à cette époque. La figure 10 (pl. 2) est aussi mal interprétée; car M. Reinke y regarde la couche corticale intérieure de la racine mère comme son péricambium, et la couche calyptrogène de la radicelle comme son épiderme, tandis que celui-ci était à trouver dans la couche sous-jacente.

Les radicelles du *Pistia* sont obliquement insérées sur l'axe de la racine mère, et pour ce motif leurs états plus avancés doivent être étudiés sur des coupes longitudinales. Si la tranche a bien réussi, on a dans la même préparation une multitude de radicelles à tout état de développement.

Également, comme dans la plupart des Phanérogames, le cylindre central et l'écorce primaire des radicelles sont engendrés dans le *Pistia* par le péricambium de la racine mère. Les radicelles naissent toujours en face des vaisseaux, qui ne sont pas encore lignifiés.

Le nombre des cellules péricambiales donnant naissance aux tissus d'une radicelle est assez variable : ce sont trois, quatre, cinq ou même six cellules qui se gorgent de protoplasma. Les trois ou quatre cellules médianes engendrent le cylindre et l'écorce de la radicelle, tandis que les autres cellules périphériques ne servent qu'à l'insertion de l'écorce radicellaire et ne se diviseront que très-peu. Les cellules constituant cette partie de la couche corticale intérieure qui enveloppe la radicelle naissante se gorgent également de protoplasma et recouvrent l'ébauche de la radicelle d'une couche continue. Nous verrons plus tard que cette couche joue un rôle important dans le développement de la radicelle.

Les cellules péricambiales commencent par s'allonger en sens radial, et les médianes à se diviser en deux étages à l'aide de cloisons tangentielles (pl. 17, fig. 1, 2), dont l'extérieur donnera naissance à l'écorce primaire de la radicelle, tandis que l'intérieur engendrera le cylindre central. En même temps la

couche corticale intérieure de la racine mère se dédouble sur toute sa circonférence (pl. 17, fig. 2), et se partage de cette manière en deux couches, dont l'intérieure se transformera en couche protectrice. A cette époque, la portion de cette couche corticale qui recouvre la radicelle rudimentaire reste encore indivise.

Le deuxième état de la radicelle commence par la division tangentielle dans les cellules de la couche corticale intérieure (de la racine mère) qui enveloppe la radicelle (pl. 17, fig. 3). Ces cloisons tangentielles apparaissent d'abord au sommet, là où cette couche est la plus épaisse, et avancent vers la base de la radicelle. Les cellules basilaires de la couche en question ne participent nullement à cette division; elles restent inactives, et relient la portion radicellaire avec la couche normale antérieurement dédoublée et entourant le cylindre de la racine mère. La division dont nous venons de parler a une signification importante dans l'évolution de la radicelle ; la couche qui entoure son écorce primaire, et dérive de l'écorce de la racine mère, se trouve en effet partagée en deux couches, qui rempliront ensuite chacune un rôle différent : l'intérieure deviendra l'épiderme de la radicelle, tandis que l'extérieure remplira la fonction de la couche calyptrogène.

Le cylindre central s'allonge considérablement; les cellules dont il est constitué se divisent à l'aide des cloisons transversales. Au sommet, il est tantôt composé de trois séries longitudinales (en coupe longitudinale), dont l'intérieure représente déjà le vaisseau central, tantôt il est atténué vers le sommet, et ne contient que deux séries, dont l'une est plus large, l'autre plus étroite (pl. 17, fig. 4).

L'écorce primaire est distendue par l'accroissement du cylindre ; ses cellules se multiplient à l'aide de cloisons transversales. Quand la radicelle atteint un certain accroissement, son écorce se partage en deux couches à l'aide de cloisons tangentielles qui commencent à apparaître vers la mi-hauteur de la radicelle. Les cellules terminales ne participent pas à cette division, et constituent le sommet végétatif de l'écorce.

La couche calyptrogène commence bientôt à fonctionner (pl. 17, fig. 5); elle se divise en deux couches en commençant par le sommet, et trahit ainsi son rôle générateur.

L'évolution définitive de la radicelle consiste en ce que son écorce augmente de volume, et se résout en trois ou quatre couches, dont l'intérieure devient la couche protectrice. La coiffe acquiert aussi une épaisseur plus considérable, surtout au sommet, où elle contient ensuite trois ou quatre couches. Dans le cylindre central, on n'aperçoit pas de changement essentiel.

Il nous reste encore à faire observer quelque chose relativement à la poche qui entoure la radicelle pendant son évolution (pl. 17, fig. 4, 6). Les radicelles commencent à se développer au moment où les gros canaux aérifères sont assez considérables, et la zone médiane de l'écorce déjà réduite aux rayons séparant ces canaux. Si la radicelle se développe en face d'un rayon, celui-ci avorte en ce point, et concourt avec les couches corticales intérieures à la formation d'une poche cellulaire qui entoure la radicelle et se soude par son sommet à l'écorce extérieure (pl. 17, fig. 6). En haut et en bas de la radicelle, ce rayon conserve sa structure normale, et se compose d'une seule lame cellulaire. Dans ce cas, on reconnaît en coupe longitudinale tout le tissu du rayon (pl. 17, fig. 2, 3, 5). Si la radicelle s'est au contraire développée entre deux rayons, en face du canal aérifère, alors sa poche est plus individualisée, provient des couches corticales intérieures, et ne fait que toucher par son sommet au tissu de l'écorce extérieure (pl. 17, fig. 4).

D'après ce que nous venons d'exposer, les radicelles du *Pistia* se développent tout autrement que le prétendait M. Reinke (1). Le cylindre central et l'écorce de la radicelle sont engendrés par le péricambium de la racine mère; son épiderme et sa couche calyptrogène dérivent au contraire de la couche corticale intérieure de la racine mère.

(1) *Loc. cit.*, p. 44, 45.

DEUXIÈME TYPE.

ALISMA PLANTAGO (1).

Dans cette plante le développement des radicelles n'a pu être suivi d'une manière complète, par la raison que dans la racine mère les radicelles sont très-éloignées l'une de l'autre, et qu'il faut les chercher à l'aide d'une loupe. Les états rudimentaires nous sont restés inconnus pour ce motif, et nous devions nous borner à l'étude des états un peu plus avancés, qui nous ont cependant permis de reconnaître le mode de leur développement.

Les radicelles sont toujours insérées en face des vaisseaux et engendrées par le péricambium, dont les cellules se divisent en quelques étages à l'aide de cloisons tangentielles. Au sommet de la radicelle, l'étage extérieur se transforme en couche calyptrogène ; le cylindre central occupe l'axe de la radicelle et possède d'abord une structure très-simple (pl. 17, fig. 8). Tout le reste du tissu de la radicelle appartient à l'écorce, dont le sommet n'est composé que d'une seule couche.

La couche protectrice de la racine mère ne reste pas insensible au développement de la radicelle ; mais elle la revêt toujours d'une couche continue qui est complétement soudée à la couche calyptrogène, et peut être par conséquent considérée comme couche extérieure de la coiffe.

L'évolution ultérieure de la radicelle consiste dans l'accroissement des tissus primaires. La coiffe gagne en volume par l'activité de sa couche calyptrogène, qui se divise à l'aide de cloisons tangentielles se succédant en ordre centripète (pl. 17, fig. 9). Le cylindre central se résout peu à peu en un vaisseau central représenté par une série de cellules assez larges et en une couche périphérique, dont dérivent ensuite tous ses tissus. L'écorce de la radicelle gagne en épaisseur, et se coupe en couches concen-

(1) Pour donner une idée de la structure du cylindre central de la racine dans l'*Alisma*, nous joignons une figure (pl. 17, fig. 7) qui rendra toute description inutile. Les tubes cribreux sont bien larges et alternent avec les vaisseaux extérieurs ; leur développement est aussi facile à reconnaître que leur structure.

triques engendrées en ordre centripète; sa couche extérieure devient l'épiderme de la radicelle.

En résumant nos observations, une différence essentielle est à remarquer entre le développement des radicelles du *Pistia* et celles de l'*Alisma*. Dans cette dernière plante, le péricambium de la racine mère engendre non-seulement le cylindre central et l'écorce de la radicelle, mais aussi sa couche calyptrogène. La couche protectrice ne joue qu'un rôle insignifiant, car elle ne constitue que la couche extérieure de la coiffe.

SAGITTARIA SAGITTIFOLIA.

Nous avons eu l'occasion d'étudier les radicelles de cette plante dès leur première ébauche, et de constater que leur développement s'effectue exactement comme dans l'*Alisma*. La structure du cylindre central du *Sagittaria* est très-analogue à celle de l'*Alisma*, quoique le nombre des faisceaux vasculaires soit un peu plus grand ; les radicelles, d'ailleurs beaucoup plus nombreuses, naissent de très-bonne heure quand les vaisseaux ne sont pas encore lignifiés, et qu'on ne peut distinguer dans le cylindre central que les tubes cribreux et le vaisseau médian.

La radicelle est presque toujours engendrée par trois cellules péricambiales, dont les deux latérales constituent l'écorce de la radicelle, tandis que la médiane se coupe transversalement en deux parties, dont l'inférieure se transforme en cylindre central, tandis que la supérieure sert à compléter l'écorce. Or l'écorce de la radicelle est assez volumineuse au sommet, où il s'en détache deux ou trois cellules aplaties qui se constituent en couche calyptrogène (pl. 18, fig. 1). La couche protectrice de la racine mère adhère parfaitement à la radicelle qu'elle ne cesse d'envelopper, et peut être considérée comme couche extérieure de la coiffe.

Dès que la radicelle a pris un certain accroissement, la genèse de la couche calyptrogène n'y est plus à distinguer ; alors il semble au contraire que la couche calyptrogène a été produite par la couche protectrice, surtout dans le cas où les cellules de

cette couche touchant à la base de la couche calyptrogène se sont aussi divisées parallèlement à la surface (pl. 18, fig. 2).

Le développement ultérieur de la radicelle ne présente rien d'intéressant, car il s'effectue de la manière normale. La couche calyptrogène ne tarde pas à commencer sa fonction ; l'écorce se divise en couches concentriques qui apparaissent en ordre centripète, et dont l'extérieure représente l'épiderme de la radicelle. Au sommet, toute l'écorce est réunie en une seule couche qui constitue son point végétatif. Le cylindre central s'allonge et se cloisonne, de manière à se trouver bientôt composé d'une large série médiane représentant son vaisseau central, et d'une couche périphérique qui donnera naissance à tous ses tissus.

ZEA MAYS.

Les radicelles du Maïs sont beaucoup plus grosses que celles des plantes examinées jusqu'ici ; leur développement est aussi plus compliqué.

Les vaisseaux périphériques du cylindre étant généralement appuyés dans les Graminées contre la couche protectrice, comme l'a montré M. Van Tieghem (1), les radicelles sont insérées en face des faisceaux libériens, contenant chacun un tube cribreux appuyé contre le péricambium.

Dans le *Zea Mays*, ce sont toutes les cellules péricambiales situées entre deux faisceaux vasculaires voisins qui participent à la formation d'une radicelle (pl. 18, fig. 3, 4, 5). Elles s'allongent en sens radial, les médianes le plus considérablement, et se divisent transversalement en deux étages, dont l'intérieur constituera le cylindre central de la radicelle, tandis que l'extérieur donnera naissance à son écorce. La fonction de cette écorce primaire est la même que dans l'*Alisma* et le *Sagittaria ;* il s'en détache au sommet trois ou quatre cellules formant une couche terminale, qui deviendra plus tard la couche calyptrogène de la coiffe (pl. 18, fig. 3).

(1) *Recherches sur la symétrie de structure*, Racine (*Ann. sc. nat.*, 5e série, t. XIII, p. 140 et suiv.).

Dans la partie de la couche protectrice qui enveloppe la radicelle naissante, les cellules se gorgent de protoplasma, perdent les plissements de leur membrane latérale, et se divisent à l'aide de cloisons radiales. Bientôt on aperçoit que ce ne sont pas toutes les portions de cette couche qui ont la même destination : la partie terminale est la première à se résoudre en couches superposées à l'aide de cloisons parallèles à la surface ; elle donne naissance à la coiffe de la radicelle (pl. 18, fig. 4). De cette manière, la coiffe des radicelles du Maïs est composée de deux parties d'origine différente ; sa partie extérieure, d'abord la plus épaisse et la plus large, provient de la couche protectrice de la racine mère ; tandis que sa partie intérieure, d'abord insignifiante, est issue de l'écorce de la radicelle (pl. 18, fig. 6), remplit le rôle de couche calyptrogène permanente ; ayant commencé sa fonction génératrice, elle forme toute la portion intérieure de la coiffe.

Le développement du cylindre central est très-simple, il consiste en divisions longitudinales et transversales dans les séries dont il est composé. Le péricambium de la radicelle s'individualise peu à peu à la surface du cylindre.

Le développement de l'écorce est très-curieux à cet égard. En effet, si celle-ci engendre la couche calyptrogène au sommet, sa partie latérale se trouve complétée par cette portion de la couche protectrice, qui n'a pris aucune part à l'évolution de la coiffe. Or cette portion latérale de la couche protectrice se divise non-seulement à l'aide de cloisons verticales à la surface, mais aussi à l'aide de cloisons tangentielles (pl. 18, fig. 5), et donne naissance à trois ou quatre couches corticales extérieures, qui sont moins régulières que les couches de l'écorce de provenance péricambiale. Pour le motif que nous venons d'exposer, l'épiderme de la radicelle est de double origine. Sur une radicelle rudimentaire, il est uniquement formé par l'extérieure des couches issues de la couche protectrice, tandis que dans une radicelle plus avancée, il est continué par la couche corticale extérieure qui s'individualise sous la couche calyptrogène, et provient par conséquent du péricambium de la racine mère.

L'accroissement ultérieur de l'écorce s'effectue de la manière normale; elle gagne en épaisseur, et se divise en couches concentriques engendrées en ordre plus ou moins centripète. Au sommet, l'écorce est toujours réduite à une couche unique à son point végétatif.

D'après ce que nous venons de dire, le développement des radicelles du Maïs est très-caractéristique, en ce que leur écorce est complétée par les portions latérales de la couche protectrice de la racine mère. D'autre part, les radicelles du Maïs ressemblent à celles de l'*Alisma* et du *Sagittaria*, par la genèse de la couche calyptrogène, qui commence à fonctionner dans les Maïs beaucoup plus tard, à cause que la couche protectrice de la racine mère concourt à l'épaississement de la coiffe d'une manière beaucoup plus efficace que dans l'*Alisma* et le *Sagittaria*.

Nous regrettons beaucoup de n'avoir pu examiner les radicelles des autres Graminées, et de déterminer si elles se développent comme celles du Maïs. Les observations de MM. Nägeli et Leitgeb, qui nous inspirent une juste confiance, semblent donner une réponse affirmative, car les faits exposés dans leur Mémoire à l'égard de l'*Oryza sativa*, aussi bien que leurs figures, concordent assez bien avec ce qui se passe dans le Maïs (1).

M. Van Tieghem (2) nous rapporte avoir vu une fois une radicelle du *Coix lacryma* naître par exception en face d'un faisceau vasculaire. Or la même chose se passe quelquefois dans le Maïs (pl. 18, fig. 7), ce qui provient évidemment de ce que la couche péricambiale n'est pas interrompue par les vaisseaux extérieurs. Ce développement incomplet des faisceaux vasculaires s'observe bien souvent dans les racines du Maïs, mais ordinairement sans entraîner de conséquence et sans influer sur l'insertion des radicelles (pl. 18, fig. 3, 5) (3).

(1) *Loc. cit.*, p. 141 et suiv. (pl. 20, fig. 6 à 14).

(2) *Loc. cit.*, p. 143.

(3) Voy. notre Mémoire précédent.

TROISIÈME TYPE.

FAGOPYRUM ESCULENTUM.

Nous avons établi, dans notre Mémoire sur l'accroissement des racines, que le cylindre central renferme dans cette plante quatre lames vasculaires formant une étoile à quatre rayons. Comme les radicelles qui naissent en face de ces groupes vasculaires sont très-nombreuses, leur développement est facile à étudier.

Les premiers rudiments des radicelles se rencontrent non loin du sommet végétatif du pivot, dans la partie encore recouverte de la coiffe qui ne contient pas de vaisseaux lignifiés. On voit un groupe de cellules péricambiales, de 8 à 10, se gorger de protoplasma et s'allonger en sens radial (pl. 18, fig. 8). Les cellules médianes, les plus allongées, se divisent à l'aide d'une cloison transversale (tangentielle), les autres suivent bientôt leur exemple. De cette manière, le tissu de la radicelle future se trouve partagé en deux étages, dont les cellules ne tardent pas à se diviser en sens vertical.

L'étage intérieur constitue le cylindre central de la radicelle ; les cellules s'y divisent à l'aide de cloisons verticales et transverses.

L'étage extérieur se coupe à son tour en deux étages (pl. 18, fig. 9), dont le supérieur se transformera ensuite en couche calyptrogène, tandis que l'inférieur donnera naissance à l'écorce de la radicelle.

La couche protectrice n'est pas attaquée par la radicelle naissante ; mais au contraire elle l'enveloppe d'une couche continue, dont les cellules se gorgent de protoplasma, et se divisent à l'aide des cloisons verticales.

Les changements qu'éprouve la radicelle pendant son évolution consistent en ce que tous ses tissus augmentent en volume, et commencent à se développer et trahir ainsi leur rôle. Le cylindre central s'allonge considérablement, et acquiert bientôt son aspect normal (pl. 19, fig. 1, 2). La couche calyptrogène de-

vient la plus épaisse au sommet (pl. 19, fig. 2), où ses cloisons tangentielles et centripètes sont les plus fréquentes. L'écorce commence à fonctionner un peu plus tard que la couche calyptrogène, et, outre sa portion terminale, elle se résout peu à peu en couches concentriques engendrées en ordre centripète. La couche protectrice enveloppe la radicelle jusqu'au moment où celle-ci perce tout le tissu de la racine mère ; elle pourrait être aussi considérée comme couche extérieure de la coiffe radicellaire.

Si nous réfléchissons un peu au développement des radicelles dans le *Fagopyrum*, il deviendra évident qu'il est beaucoup plus symétrique que dans l'*Alisma*, le *Sagittaria* et le *Zea*. Dans le *Fagopyrum*, les cellules péricambiales qui engendrent une radicelle se coupent très-régulièrement en deux étages, dont l'inférieur se transforme immédiatement en tissu du cylindre central, tandis que le supérieur se divise encore en deux couches de rôle différent, dont l'une remplit la fonction de couche calyptrogène, tandis que l'autre donne naissance à l'écorce de la radicelle.

RAPHANUS SATIVUS.

Les racines du Radis contiennent dans leur cylindre central deux faisceaux vasculaires (pl. 19, fig. 7) qui confluent plus tard en une seule lame vasculaire (1). Les faisceaux libériens alternent avec les vasculaires et sont uniquement composés de cellules à membrane mince, parmi lesquelles on distingue toujours un tube cribreux appuyé contre le péricambium.

Les radicelles se développent exactement de la même manière que dans la plante précédente (pl. 19, fig. 7) ; elles sont assez volumineuses comparativement à celle de la racine mère. Cette circonstance tient à ce que tout le demi-cercle péricambial renfermé entre les deux tubes cribreux concourt à la formation d'une radicelle.

Les cellules péricambiales s'allongent en sens radial et se coupent en deux étages, dont l'intérieur constitue le cylindre cen-

(1) Conf. Van Tieghem, *loc. cit.*, p. 240.

tral de la radicelle, tandis que l'extérieur se divise à son tour en deux couches, l'une engendrant l'écorce, et l'autre remplissant la fonction de couche calyptrogène.

La couche protectrice de la racine mère ne prend aucune part au développement de la radicelle, et subit le même sort que les autres couches corticales situées au devant de la radicelle.

HELIANTHUS ANNUUS.

Le pivot du Tournesol contient dans son cylindre central deux faisceaux vasculaires confluents en une seule lame; mais dans sa partie supérieure, faisant le passage au tissu de la tige, il en contient quatre (1). La couche corticale intérieure, simple sur les arcs correspondants aux faisceaux vasculaires, se dédouble en face des faisceaux libériens, et contient de petits canaux oléifères (pl. 19, fig. 3, 4, 5) remplaçant les méats intercellulaires (2). Ainsi, suivant le nombre des faisceaux, la couche corticale intérieure se trouve composée de deux ou de quatre arcs simples et d'autant d'arcs là où elle est dédoublée.

Les radicelles naissent toujours en face des faisceaux vasculaires, par conséquent sous les arcs simples qui ont une destinée toute spéciale (pl. 19, fig. 3).

Les états rudimentaires des radicelles sont exactement les mêmes que dans le Radis et le Sarrasin. Un groupe de cellules péricambiales se gorge de protoplasma, et se divise en deux étages. L'étage intérieur constituera le cylindre central; l'extérieur, qui se coupe bientôt en deux couches, engendrera d'un côté l'écorce primaire de la radicelle, tandis que l'autre prendra la fonction de sa couche calyptrogène (pl. 19, fig. 4).

De toute la couche corticale intérieure, c'est seulement l'arc simple qui enveloppe la radicelle naissante, et prend une part considérable à son développement. Les cellules de cet arc se gorgent de protoplasma, se divisent en sens radial, et constituent

(1) Voy. Reinke, *loc. cit.*, p. 11, 12.

(2) Conf. Van Tieghem, *loc. cit.*, p. 243 (pl. 7, fig. 56).

d'abord une couche simple. Bientôt on y voit des cloisons tangentielles qui apparaissent dans sa portion centrale, tandis que, vers la périphérie de la radicelle, cette couche reste à tout jamais indivise (pl. 19, fig. 4).

A mesure que la radicelle gagne en volume, ses tissus primaires commencent à se développer ; le cylindre central et l'écorce primaire acquièrent bientôt leur aspect typique. La couche calyptrogène reste simple pendant un certain temps, et ne trahit sa destination que par les cloisons tangentielles dans quelques-unes des cellules terminales (pl. 19, fig. 5). La couche protectrice s'est au contraire très-développée et transformée en une véritable coiffe, mince à la base, plus volumineuse au sommet, où elle se divise à l'aide de cloisons plus ou moins centripètes.

Le développement définitif de la radicelle date du moment où sa couche calyptrogène commence à fonctionner énergiquement. La partie basilaire de cette couche reste indivise, et se transforme immédiatement en épiderme ; vers le sommet, les cellules se divisent à l'aide de cloisons tangentielles centripètes.

Au moment où la radicelle se fait jour à travers les tissus de la racine mère, on peut parfaitement distinguer dans sa coiffe les deux parties, dont la genèse vient d'être exposée (pl. 19, fig. 6) (1).

En résumé, les radicelles du Tournesol se développent exactement comme celles des deux plantes précédentes, et la seule différence notable, c'est que dans le Tournesol la couche protectrice de la racine mère concourt à la formation de la coiffe primitive d'une manière très-efficace, ce qui n'a pas lieu dans le Sarrasin, encore moins dans le Radis. L'opinion de M. Reinke, d'après laquelle la couche calyptrogène de la radicelle sera individualisée avant le cylindre central (2), est dépourvue de tout fondement, et M. Reinke ne dit mot de la destination de la couche protectrice de la racine mère.

(1) Reinke, *loc. cit.* (pl. 1, fig. 5).

(2) Reinke, *loc. cit.*, p. 40 (pl. 1, fig. 4).

QUATRIÈME TYPE.

CICER ARIETINUM.

Le mode de développement des radicelles des Papilionacées et des Cucurbitacées a été pour nous longtemps une question inextricable. Ce développement diffère tellement de celui des radicelles de toutes les autres Phanérogames examinées, que l'analogie même n'a pu nous rendre le moindre service. L'individualisation très-tardive des tissus primaires de la radicelle est un obstacle qui rend les recherches des plus difficiles. Malgré cela nous sommes enfin parvenus à résoudre la question d'une manière positive, et à déterminer l'origine des tissus primaires. Le Pois chiche a été la plante qui nous a révélé le secret, et c'est elle que nous recommandons à tous ceux qui voudront répéter nos observations.

Dans la racine du *Cicer arietinum*, les vaisseaux extérieurs sont séparés toujours de la couche protectrice par deux (quelquefois trois) couches de cellules devant être considérées comme péricambium (pl. 20, fig. 1), parce que toutes deux concourent à la formation de la radicelle. Il faut donc envisager la chose de cette manière, que dans le Pois chiche le péricambium est une couche simple au devant des faisceaux libériens, et une couche double autour des faisceaux vasculaires (1).

Les cellules péricambiales donnant naissance à une radicelle s'allongent considérablement et se divisent à l'aide de cloisons transversales et verticales. La couche protectrice enveloppant la radicelle, aussi bien qu'une ou deux couches corticales voisines, acquièrent un rôle tout spécial. Leurs cellules se gorgent de protoplasma et se divisent très-intensement à l'aide de cloisons tangentielles et verticales; c'est de cette manière qu'une portion de l'écorce de la racine mère donne naissance à un tissu volumineux (pl. 20, fig. 2) développé en sens plus ou moins centripète et recouvrant le tissu de provenance péricambiale. On se

(1) Voyez Van Tieghem, *loc. cit.*, p. 217 et suiv. (pl. 7, fig. 48, 49, 50, 51).

serait bien mépris en attribuant à ce tissu le rôle de coiffe radicellaire : sa fonction est tout autre, et nous le désignerons depuis comme tissu cortical de la radicelle.

Tout le tissu d'origine péricambiale ne sert à constituer que le cylindre central de la radicelle ; d'abord arrondi au sommet, il devient bientôt atténué (pl. 20, fig. 3), et ne renferme jamais de méats intercellulaires. La limite du cylindre médian est toujours facile à distinguer, par la raison que les cloisons récentes sont beaucoup plus minces que les cloisons antérieures ; on peut même très-bien distinguer les membranes des cellules péricambiales primitives, et, dans le tissu cortical, les limites des cellules corticales de la racine mère. En outre, les cellules du cylindre sont beaucoup plus claires et plus transparentes que les cellules du tissu cortical.

La présence des méats intercellulaires dans le tissu cortical indique déjà le rôle qui lui est destiné dans le développement de la radicelle, et qui consiste à former l'écorce de la radicelle.

La couche calyptrogène latérale n'est reconnaissable que dans un état très-avancé (pl. 20, fig. 4, 5) ; elle donne à la radicelle l'empreinte de structure typique et rend normal son accroissement terminal. La couche calyptrogène s'individualise complétement à la surface du tissu cortical de la radicelle, mais on ne peut la distinguer d'une manière précise que quand elle a commencé sa fonction.

Les premières divisions y sont peu caractéristiques et assez irrégulières ; dès qu'elle trahit son rôle générateur, on voit qu'à la base de la radicelle elle est tout à fait superficielle (pl. 20, fig. 4, 5), devient de plus en plus profonde vers le sommet, et touche les séries verticales qui constituent le centre de l'écorce.

Nous avons déjà indiqué que l'écorce de la radicelle se développe en sens plus ou moins centripète et qu'elle se compose de couches superposées ; néanmoins dans son sommet, qui en est également le centre, on reconnaît de bonne heure l'arrangement des cellules en séries verticales (pl. 20, fig. 3, 5). Ces séries verticales de l'écorce s'ajustent aux séries longitudinales du cylindre, et la limite de ces deux tissus d'origine différente s'efface

peu à peu. L'assise génératrice transverse commence à fonctionner à la hauteur où finit la couche calyptrogène latérale, et reproduit d'un côté la partie centrale de la coiffe (les séries verticales), tandis que de l'autre elle concourt à l'accroissement terminal du cylindre et de l'écorce de la radicelle. Il est presque inutile d'ajouter que la partie latérale de la coiffe est régénérée par la couche calyptrogène, et qu'enfin le sommet végétatif de la radicelle ne diffère plus du sommet de la racine mère.

En somme, le développement des radicelles du Pois chiche est aussi anormal que leur accroissement terminal. Dans la plante que nous venons d'examiner, le péricambium de la racine mère n'engendre que le cylindre central de la radicelle, tandis que la couche protectrice, avec une ou deux couches corticales voisines, donne naissance à l'écorce primaire à la surface de laquelle la couche calyptrogène ne s'individualise que très-tard.

Ce développement caractéristique diffère tellement de ce que nous avons vu dans toutes les autres Phanérogames, que la représentation d'un schéma général devient absolument impossible. On ne peut donc s'étonner que M. Dodel (1) et M. Erikssen (2), qui n'ont traité cette question qu'en passant, n'aient pu parvenir à un résultat définitif.

Dans le *Pisum sativum* (pl. 19, fig. 7), le *Phaseolus vulgaris* et le *Cucurbita Pepo*, le développement des radicelles est exactement le même que dans le Pois chiche ; nous pouvons donc nous dispenser complétement d'y revenir, car ce ne serait que la répétition des faits que nous venons d'exposer.

(1) Dodel, *Der Uebergang des Dicotyledonen-Stengels in die Pfahlwurzel* (Pringsheim's *Jahrbücher*, vol. VIII, p. 170, 177 et suiv.).

(2) Erikssen, *Studier öfver Leguminosernas rotknölar*, 1874 (d'après l'extrait inséré dans le *Botanische Zeitung*, 1874, n° 24).

CINQUIÈME TYPE.

PINUS STROBUS.

Le développement des radicelles ayant été étudié pour les Gymnospermes par M. Strasburger (1), et confirmé par nos propres observations, nous nous bornerons seulement à donner quelques détails plus ou moins connus, afin de compléter ainsi notre travail.

Dans le *Pinus Strobus*, le cylindre central de la racine contient deux faisceaux vasculaires qui confluent ensuite en une seule lame vasculaire. Un canal résinifère se trouve compris dans chaque faisceau dont les vaisseaux sont disséminés tout autour du canal résinifère; les extérieurs ne sont séparés de la couche protectrice que par une seule couche de cellules péricambiales.

Cependant ces vaisseaux extérieurs ne se développent qu'après ceux situés à côté du canal; ils font complétement défaut quand une radicelle va se développer en face du canal. Dans ce cas, toutes les couches extérieures au canal doivent être considérées comme péricambium, parce qu'elles concourent toutes à la formation de la radicelle immédiatement insérée sur le canal résinifère et les vaisseaux situés sur les faces latérales du canal.

Pour donner naissance à une radicelle, les cellules péricambiales situées en face du canal résinifère s'allongent considérablement en sens radial et commencent à se diviser à l'aide de cloisons tangentielles. Dès que ce tissu de la jeune radicelle a pris un certain accroissement, on peut y distinguer deux portions, l'une intérieure, l'autre extérieure. L'assise extérieure se transforme peu à peu en tissu cortical de la radicelle; les divisions tangentielles s'y opèrent en ordre centripète et donnent à l'écorce un aspect tout spécial, semblable à la coiffe du Tournesol, par exemple. L'assise intérieure, dans laquelle les divisions

(1) Strasburger, *Die Coniferen und Gnetaceen*, 1872, p. 348 et suiv. (pl. 24, fig. 27 et 28).

ne présentent rien d'aussi caractéristique, engendre le cylindre central de la radicelle.

La couche protectrice de la racine mère ne prend aucune part à l'évolution de la radicelle qui la comprime dès son état rudimentaire.

Dans le *Pinus Pinaster* et l'*Abies balsamea*, les choses se passent exactement de la même manière, et la couche protectrice de la racine mère ne joue aucun rôle dans le développement des radicelles. Dans le cas où les vaisseaux extérieurs sont séparés de la couche protectrice par quelques couches de cellules péricambiales, ce qui a lieu dans beaucoup de Conifères, toutes ces couches participent à la production de la radicelle, exactement comme cela a lieu dans les Papilionacées, les Cucurbitacées et le *Pinus Strobus*.

CONCLUSIONS.

Le nombre des plantes dont il nous a été donné de suivre le développement des radicelles est beaucoup trop petit pour pouvoir en déduire quelque règle générale. Cependant la comparaison des faits acquis démontre que dans chaque type il y a quelque trait distinctif qui est peut-être caractéristique pour tout le type. Résumons maintenant les traits généraux dans chaque type.

Premier type. — Dans le *Pistia Stratiotes*, la seule plante de ce type que nous ayons pu examiner, le péricambium de la racine mère donne naissance au cylindre central et à l'écorce de la radicelle. La couche corticale intérieure de la racine mère se divise en face de la radicelle en deux couches, dont l'intérieure devient l'épiderme, et l'extérieure la couche calyptrogène de la radicelle.

Deuxième type. — Le cylindre central et l'écorce de la radicelle dérivent également du péricambium de la racine mère. Dans le *Zea Mays*, une partie de la couche protectrice concourt à augmenter l'épaisseur de l'écorce et engendre une partie de son épiderme.

La couche protectrice devient, dans l'*Alisma* et le *Sagittaria*, la couche extérieure de la coiffe de la radicelle; dans le *Zea*, sa

partie terminale forme plusieurs couches de la coiffe. La couche calyptrogène est toujours produite par la division tangentielle des cellules corticales qui occupent le sommet de la radicelle.

Troisième type. — Les cellules péricambiales qui engendrent une radicelle se coupent transversalement en deux étages, dont l'intérieur se transforme immédiatement en cylindre central de la radicelle. L'étage extérieur se divise à son tour en deux couches, dont l'extérieure remplit tôt ou tard la fonction de couche calyptrogène, tandis que l'intérieure donne naissance à l'écorce de la radicelle.

Le rôle de la couche protectrice est bien vague : elle ne prend aucune part au développement de la radicelle (*Raphanus*) ; tantôt elle l'entoure d'une couche continue (*Fagopyrum*) ; ou enfin elle gagne en épaisseur, surtout au sommet, s'y divise en plusieurs couches, et contribue ainsi à la formation de la coiffe de la radicelle (*Helianthus*).

Quatrième type. — De tous les tissus de la radicelle, le cylindre central tire seul son origine du péricambium de la racine mère. La couche protectrice ainsi qu'une ou deux couches corticales voisines prennent un accroissement très-considérable, se divisent plusieurs fois à l'aide de cloisons tangentielles, et donnent naissance au tissu cortical de la radicelle. La couche calyptrogène n'apparaît que dans un état fort avancé et s'individualise à la surface du tissu cortical de la radicelle.

Cinquième type. — La couche protectrice de la racine mère ne joue aucun rôle dans l'évolution de la radicelle, dont les deux tissus primaires, l'écorce centripète et le cylindre central, proviennent du péricambium de la racine mère.

CONSÉQUENCES THÉORIQUES.

La comparaison des faits acquis par nos observations démontre suffisamment que le mode du développement des radicelles varie non-seulement d'un type à l'autre, mais que les plantes appartenant au même type d'accroissement terminal n'obéissent pas toujours à un schéma général.

La fonction de la couche protectrice de la racine mère est excessivement inconstante. Cette couche ne joue quelquefois absolument aucun rôle dans le développement de la radicelle (*Raphanus*, *Pinus*); mais elle se transforme le plus souvent en une seule couche extérieure de la coiffe (*Alisma*, *Sagittaria*), ou en plusieurs couches semblables (*Zea*, *Helianthus*). Dans d'autres cas, sa fonction est beaucoup plus importante; car elle contribue à l'épaississement de l'écorce de la radicelle (*Zea*), engendre l'épiderme et la couche calyptrogène de la radicelle (*Pistia*), ou enfin elle donne naissance avec une ou deux couches corticales voisines à toute l'écorce de la radicelle, ainsi qu'à sa couche calyptrogène latérale (*Papilionacées*, *Cucurbitacées*).

Le péricambium de la racine mère joue un rôle toujours très-important à l'égard de la radicelle; il engendre dans la plupart des Monocotylédones et des Dicotylédones le cylindre central, l'écorce et la couche calyptrogène. Dans les Gymnospermes et le *Pistia*, il ne donne naissance qu'au cylindre central et à l'écorce de la radicelle, et enfin dans les Papilionacées et les Cucurbitacées, il ne se transforme qu'en un seul des tissus primaires de la radicelle : en son cylindre central.

Dans les Archégoniates vasculaires, la cellule génératrice ou terminale (*Scheitelzelle*), qui produit tous les tissus de la radicelle, prend toujours naissance dans la couche corticale intérieure de la racine mère (1), tandis que le péricambium ne remplit pas de fonction aussi importante que dans les Phanérogames. L'avant-dernière couche corticale se développe quelquefois autour de la radicelle, mais ne joue aucun rôle dans la genèse de ses tissus, qui dérivent toujours de la cellule génératrice (2).

Il est démontré par la comparaison que nous venons de faire, que les radicelles des Archégoniates vasculaires et des Phanérogames diffèrent non-seulement par leur accroissement terminal tout contraire, mais aussi parce que dans leur développement le rôle essentiel est destiné dans les Archégoniates

(1) Nägeli et Leitgeb, *loc. cit.*, p. 88 et suiv.
(2) Nägeli et Leitgeb, *loc. cit.*, p. 90.

vasculaires à la couche corticale intérieure de la racine mère ; tandis que dans les Phanérogames c'est le péricambium qui engendre toujours le cylindre central de la radicelle, et en outre, dans la pluralité des cas, son écorce primaire et sa couche calyptrogène.

EXPLICATION DES PLANCHES.

Toutes les figures ont été dessinées à la *camera lucida*. Excepté les figures 6, 7 (pl. 17) et 7 (pl. 18), toutes les autres ont été diminuées par la photographie. Les traits plus prononcés désignent les limites des tissus primaires de la racine mère et de la radicelle. Les tubes cribreux sont tout à fait nuancés.

ag. t, assise génératrice transverse; — *c. a*, canal aérifère de la racine ; — *cal*, couche calyptrogène de la radicelle; — *c. c*, cylindre central de la radicelle; — *cf*, coiffe de la radicelle ; — *cf. m*, coiffe de la racine mère ; — *c. int*, couche corticale intérieure de la racine mère ; — *c. o*, canal oléifère ; — *c. p*, couche protectrice de la racine mère ; — *éc*, écorce de la radicelle ; — *ép*, épiderme de la radicelle; — *ép. m*, épiderme de la racine mère ; — *fl*, faisceau libérien; — *fv*, faisceau vasculaire ; — *pc*, péricambium de la racine ; — *pr*, poche entourant la radicelle (*Pistia*); — *t. cr*, tube cribreux ; — *v*, vaisseau.

PLANCHE 17.

Pistia Stratiotes.

Fig. 1. Coupe longitudinale de la racine. Le premier rudiment de la radicelle ; les cellules péricambiales se sont allongées et coupées transversalement, tandis que la couche corticale intérieure est encore restée simple. — Gross. 200 diam.

Fig. 2. Radicelle un peu plus développée dans laquelle on peut déjà distinguer l'écorce et le cylindre central. La couche corticale intérieure de la racine mère s'est divisée en deux couches ; en face de la radicelle elle est encore simple, mais une de ses cellules s'est coupée parallèlement à la périphérie. — Gross. 200 diam.

Fig. 3. État plus avancé. La couche corticale intérieure est déjà divisée en face de la radicelle en deux couches, dont l'intérieure représente l'épiderme, l'extérieure la couche calyptrogène de la radicelle. — Gross. 200 diam.

Fig. 4. Radicelle plus développée et entourée de sa poche. Le cylindre est atténué vers le sommet, l'écorce commence à se diviser en deux couches. — Gross. 200 diam.

Fig. 5. Radicelle dont la couche calyptrogène a commencé à fonctionner et s'est divisée en deux couches. — Gross. 200 diam.

Fig. 6. Coupe transversale de la racine mère dans laquelle on voit une radicelle entourée de sa poche et siégeant entre les canaux aérifères. — Gross. 30 diam.

Alisma Plantago.

Fig. 7. Coupe transversale de la racine pour montrer la structure de son cylindre central, et surtout les tubes cribreux. — Gross. 330 diam.

Fig. 8. Jeune radicelle où la couche calyptrogène est déjà détachée de l'écorce. La couche protectrice la revêt d'une couche continue. — Gross. 190 diam.

Fig. 9. Radicelle dont les tissus primaires sont complétement développés. La moitié gauche de la figure n'est pas achevée à cause du voisinage d'une deuxième radicelle insérée un peu plus profondément. — Gross. 190 diam.

PLANCHE 18.

Sagittaria sagittifolia.

Fig. 1. Jeune radicelle au sommet de laquelle se détache de l'écorce la couche calyptrogène dont les cellules sont marquées par un +. — Gross. 190 diam.

Fig. 2. Radicelle plus avancée où la couche calyptrogène est déjà individualisée et commence à fonctionner. — Gross. 190 diam.

Zea Mays.

Fig. 3. Radicelle très-jeune dans laquelle le cylindre central est déjà individualisé et se développe aux dépens de l'étage intérieur du péricambium. Le sommet de l'écorce est assez épais ; c'est là que s'en détache la couche calyptrogène dont les cellules sont marquées d'un +. La couche protectrice est encore indivise. — Gross. 135 diam.

Fig. 4. État plus avancé où la couche protectrice se divise en portion terminale se transformant en coiffe de la radicelle et en parties latérales. — Gross. 135 diam.

Fig. 5. Radicelle plus développée. La couche calyptrogène commence à s'incorporer à la coiffe ; les parties latérales de la couche protectrice concourent à augmenter le volume de l'écorce, et se divisent aussi en sens tangentiel. — Gross. 135 diam.

Fig. 6. Sommet d'une radicelle du même âge. La couche calyptrogène est encore très-mince, son origine très-visible. — Gross. 135 diam.

Fig. 7. Coupe transversale de la racine, à l'intérieur de a uelle on voit une radicelle insérée en face d'un faisceau vasculaire. Le liber n'est pas dessiné, seulement les vaisseaux. — Gross. 30 diam.

Fagopyrum esculentum.

Fig. 8. Les cellules péricambiales en voie de donner naissance à une radicelle. Elles se sont allongées en sens radial, et les trois médianes déjà divisées transversalement. — Gross. 205 diam.

Fig. 9. Radicelle un peu plus développée. L'étage inférieur, déjà subdivisé en deux, représente le cylindre central ; l'étage supérieur se coupe en deux couches dont l'extérieur deviendra la couche calyptrogène, tandis que l'intérieur engendrera l'écorce primaire de la radicelle. — Gross. 205 diam.

PLANCHE 19.

Fagopyrum esculentum.

Fig. 1. Radicelle où le rôle de l'écorce et de la couche calyptrogène est à peine indiqué dans quelques cellules. — Gross. 205 diam.

Fig. 2. Radicelle plus avancée dont la couche calyptrogène se coupe en deux couches d'abord au sommet, tandis que le dédoublement de l'écorce commence sur les côtés. — Gross. 205 diam.

Helianthus annuus.

Fig. 3. La couche péricambiale se dédoublant dans le voisinage du faisceau vasculaire en face duquel la couche corticale intérieure est restée simple, tandis que plus loin elle est dédoublée et contient des canaux oléifères. — Gross. 135 diam.

Fig. 4. Radicelle dont l'étage inférieur se transforme en cylindre central, tandis que l'étage supérieur est divisé en deux couches, en écorce et en couche calyptrogène. La couche corticale intérieure de la racine mère (protectrice) se divise aussi à l'aide de cloisons tangentielles. — Gross. 135 diam.

Fig. 5. Radicelle avancée dont les tissus primaires sont bien développés ; la couche calyptrogène commence à peine sa fonction, tandis que la coiffe considérable est complétement formée par la couche protectrice. — Gross. 135 diam.

Fig. 6. Sommet d'une radicelle se faisant jour à travers le tissu de la racine mère. La coiffe est composée de deux parties d'origine différente. — Gross. 135 diam.

Raphanus sativus.

Fig. 7. Coupe transversale de la racine mère, où la moitié du cercle péricambial située entre deux tubes cribreux concourt à la formation d'une radicelle. Celle-ci est déjà divisée en trois étages, en cylindre central, écorce et couche calyptrogène. — Gross. 135 diam.

PLANCHE 20.

Cicer arietinum.

Fig. 1. Coupe transversale de la racine démontrant le péricambium composé de deux couches en face du faisceau vasculaire. — Gross. 135 diam.

Fig. 2. Jeune radicelle composée de deux tissus : du cylindre central provenant du péricambium et de l'écorce issue de la couche protectrice et d'une à deux couches corticales voisines. — Gross. 120 diam.

Fig. 3. Radicelle plus avancée, dont les denx tissus primaires se sont encore plus développés. Au centre de l'écorce on aperçoit déjà des séries verticales s'ajustant aux séries du cylindre central. — Gross. 120 diam.

Fig. 4. Coupe longitudinale de la radicelle, dans laquelle la couche calyptrogène laté-

rale a commencé sa fonction. Dans le cylindre central de la racine mère, nous avons indiqué les quatre lames vasculaires aussi bien que les faisceaux du vrai liber, qui n'occupe que le centre de tout le faisceau libérien. — Gross. 20 diam.

Fig. 5. Le sommet de la même radicelle (fig. 4) plus fortement grossi. On y reconnaît la couche calyptrogène latérale également comme l'assise génératrice transverse ; l'épaisseur de la coiffe diminue très-sensiblement vers la base.— Gross. 120 diam.

Fig. 6. Coupe transversale d'une radicelle un peu plus jeune, vers la moitié de sa longueur. — Gross. 135 diam.

Pisum sativum.

Fig. 7. Jeune radicelle dont le tissu cortical provient de trois couches corticales intérieures de la racine mère. — Gross. 120 diam.

ERRATA.

Page 192, DEUXIÈME TYPE, ajouter après *Acorus Calamus : Elodea canadensis, Sagittaria sagittifolia.*

Page 192, ligne 35, ajouter le mot *coiffe*.

ETUDES

SUR

LES GRAINES FOSSILES TROUVÉES A L'ÉTAT SILICIFIÉ

DANS LE TERRAIN HOUILLER DE SAINT-ÉTIENNE

Par M. Ad. BRONGNIART (1).

---

§ 1er.

Les végétaux fossiles des terrains anciens, et particulièrement du terrain houiller, n'ont été connus pendant longtemps que par les empreintes que leurs organes laissaient dans les schistes ou les grès qui accompagnent les couches de houille ; on ne pouvait apprécier que leur forme extérieure.

Plus récemment, on a souvent, il est vrai, étudié des portions de végétaux pétrifiés appartenant à ces terrains, mais ce sont généralement des bois, des portions de tiges, des pétioles, des fructifications de Cryptogames qui ont été l'objet de ces recherches ; les fruits ou graines n'ont donné lieu à aucune observation importante.

Les descriptions d'un grand nombre de fruits du terrain houiller, et surtout de ses couches supérieures, inscrits sous les

(1) Lu à l'Académie des sciences le 10 août 1874 (*Comptes rendus*, t. LXXVIII, p. 343, 427, 497). En réimprimant ce travail dans ces Annales, j'ai cru utile d'y ajouter quelques notes sur des points que les limites des *Comptes rendus* ne m'avaient pas permis de développer suffisamment, et j'ai pensé surtout que quelques figures donneraient une idée plus claire des caractères essentiels des différents genres que j'ai distingués parmi ces fossiles. Ces figures, nécessairement peu grossies, ne peuvent pas donner les détails de structure qui contribuent beaucoup à établir les caractères distinctifs de ces genres. J'espère pouvoir bientôt donner sur ce sujet un travail plus complet, avec des planches plus nombreuses et plus détaillées pour la structure anatomique, dont les dessins s'exécutent en ce moment.

noms de *Cardiocarpus*, de *Trigonocarpus* et de *Rhabdocarpus*, se bornent, en général, à faire connaître leurs formes extérieures et quelques indices de leur constitution générale, déduits des accidents de leur cassure ; la plupart, en effet, par suite de leur mode de conservation, ne permettaient pas des études plus précises, aussi les analogies les plus hasardées étaient-elles mises en avant. Presque tous les botanistes paléontologistes, et en particulier MM. Lindley et Gœppert, y voyaient des preuves de l'existence des Palmiers à cette période reculée.

M. Hooker, cependant, signalait l'analogie des *Trigonocarpus* avec les Conifères et autres Gymnospermes, et M. Schimper, de son côté, plaçait ces divers fruits ou graines à la suite des Cycadinées.

Mais la rareté des échantillons propres à ces études délicates, la difficulté des préparations, empêchaient des travaux plus étendus.

Un gisement remarquable de végétaux silicifiés, découvert depuis peu de temps dans le bassin houiller de Saint-Étienne par M. Grand'Eury, dont l'Académie connaît les importantes recherches sur la flore fossile de ce bassin, permet maintenant d'aborder ces études avec la certitude d'obtenir des résultats plus complets. M. Grand'Eury a bien voulu me confier tous les matériaux qu'il a recueillis en ce qui concerne les fruits ou graines trouvés dans ce gisement, matériaux qui s'accroissent tous les jours par ses incessantes recherches. Mais, avant d'exposer le résultat des observations que j'ai faites sur ce sujet depuis près d'une année, je crois devoir indiquer dans quelle situation se trouvent les roches qui renferment ces fossiles. Voici les renseignements que M. Grand'Eury m'adresse à cet égard :

« Les végétaux silicifiés se trouvent dans des galets appartenant à deux principaux bancs de poudingues, situés l'un à 200 mètres, l'autre à 400 mètres environ au-dessus de la grande couche qui occupe la partie supérieure du terrain houiller de Rive-de-Gier, dans le milieu des conglomérats stériles, de 500 à 600 mètres de puissance, qui sont interposés entre le terrain houiller de Rive-de-Gier et celui de Saint-Étienne. Ces poudingues se montrent dans plusieurs points, sur plus d'un kilomètre

d'étendue, à Chavillon, à la Faverge et à la Peronnière, près de Grande-Croix, à Gratieux, aux bois de Corbeyne. »

Les fragments de roches siliceuses brisés et transportés qui composent ces bancs, placés dans les parties les plus inférieures du bassin de Saint-Étienne, au-dessous de toutes les couches de houille de ce bassin, proviennent évidemment de dépôts siliceux encore plus anciens, qui ne se montrent nulle part d'une manière bien claire, et surtout avec les débris si nombreux de végétaux qu'on retrouve dans les conglomérats qui nous occupent.

Ces dépôts siliceux correspondent peut-être à une couche d'origine plutonique, que M. Grand'Eury indique à environ 150 mètres au-dessus de la grande couche de Rive-de-Gier.

Les restes de plantes que ces conglomérats renferment doivent donc se rapporter non à la flore houillère de Saint-Étienne, mais à celle qui l'a précédée immédiatement, c'est-à-dire à celle de Rive-de-Gier, qui, du reste, n'en diffère que très-peu.

Si nous cherchons maintenant à nous rendre compte du milieu dans lequel ces graines ont été déposées et des circonstances qui ont dû accompagner ce dépôt, nous verrons que la roche siliceuse qui les renferme est remplie de débris végétaux de toutes sortes, les uns très-volumineux, comme de gros morceaux de bois; d'autres assez complets, comme des graines, des feuilles de Fougères avec leurs fructifications, de petites branches; d'autres en fragments brisés, très-ténus, mais dont les tissus sont parfaitement conservés, mêlés à des détritus altérés, formant une sorte de terreau sans organisation appréciable.

Quand on a examiné de nombreuses lames minces de ces roches siliceuses pour l'étude de quelques-uns des fossiles qu'elles renferment, il est impossible de ne pas se figurer qu'on a sous les yeux le terreau et les débris de végétaux qui couvrent le sol d'une forêt, ou qui se seraient déposés dans le fond des mares ou des étangs que ces arbres entouraient.

Ce terreau lui-même paraît souvent avoir été pénétré par les racines capillaires de petits végétaux croissant à sa surface, tels que de jeunes plantes de Fougères ou d'autres Cryptogames.

Ces racines délicates, quelquefois très-altérées, d'autres fois très-bien conservées, entourent et pénètrent même dans les tissus spongieux de certaines graines, et peuvent, lorsqu'on ne connaît pas leur origine, donner naissance à des erreurs.

Ces faits prouvent, en outre, que ces graines ont séjourné longtemps dans ce terreau humide, et ont pu y subir des altérations notables avant d'être silicifiées.

On ne sera donc pas étonné de voir qu'à côté de tissus remarquablement bien conservés, il s'en trouve de détruits ou de profondément altérés; souvent aussi les cavités résultant de la destruction de certains tissus sont occupées par du quartz cristallisé qui en tapisse les parois. Malgré ces altérations, on verra qu'on peut souvent obtenir sur la structure de ces graines des données précises qui jettent beaucoup de jour sur leur nature.

On sait que c'est au moyen de lames détachées dans une direction déterminée et réduites à une très-faible épaisseur, qu'on parvient à étudier au microscope la structure des diverses parties des végétaux pétrifiés. Ce mode de préparation, toujours très-délicat, devient très-difficile lorsqu'il faut, comme pour les graines, et surtout pour les petites graines, mettre à découvert et préparer dans une direction déterminée des parties, qu'une différence d'un dixième de millimètre ne permettrait plus d'observer. C'est grâce aux connaissances scientifiques et à l'habileté de M. B. Renault, dont l'Académie a déjà pu apprécier les importants travaux personnels sur des fossiles recueillis par lui aux environs d'Autun, que j'ai pu obtenir les nombreuses préparations nécessaires pour étudier, autant que l'état des échantillons le permettait, les caractères de ces graines.

Dans les descriptions qui vont suivre, j'emploie toujours le mot de graines et non celui de fruits, celui de testa et non de péricarpe, parce que ces graines, comme on le verra, ont la plus grande analogie avec celles des Conifères et des Cycadées, et que, sans vouloir entrer ici dans la discussion de la nature de ces organes, je suis plus convaincu que jamais qu'ils représentent des graines nues, ainsi que R. Brown l'a établi le premier, et que l'admettent maintenant les botanistes les plus éminents.

Toutes les graines trouvées dans le terrain houiller, et particulièrement celles recueillies à Saint-Étienne et qui font l'objet spécial de ce mémoire, sont des graines orthotropes, dont le testa présente un hile et une chalaze à sa base et un micropyle à l'extrémité opposée, et renferme un nucelle dressé dont le sommet correspond au micropyle. C'est l'organisation des graines des Cycadées et des Conifères; mais, à côté de cette uniformité dans les caractères fondamentaux, nous trouvons une extrême variété dans les caractères d'une moindre importance : c'est ce qu'on observe aussi, quoique à un moindre degré, dans les Gymnospermes actuelles. Ainsi le testa est tantôt formé entièrement par un tissu dense et évidemment très-dur, comme celui du Pin pignon et de l'If; tantôt il présente plusieurs couches de structure et sans doute de consistance très-diverses, formant un *endotesta* et un *sarcotesta*, comme on l'observe actuellement dans les *Cycas*, le *Gingko*, les *Cephalotaxus* et les *Torreya*. De sorte que certains genres de ces graines fossiles présentent une succession de modifications semblables à celles qu'on observe dans une série de genres vivants analogues. Les formes du testa sont en outre très-variées; il offre souvent des crêtes ou ailes nombreuses et des prolongements remarquables vers la base ou le sommet, qui fournissent des caractères distinctifs faciles à saisir; sous ce rapport, le testa présente des modifications bien plus nombreuses et bien plus prononcées qu'on ne les observe dans les Gymnospermes actuelles, et concorde ainsi avec les formes si singulières que nous montrent dans leurs organes de la végétation les Gymnospermes de l'époque houillère (1).

(1) Je dois rappeler ici que j'ai toujours considéré, d'après la structure de leurs tiges, les *Sigillaria* et les *Calamodendron* comme se rapportant à des types détruits de végétaux arborescents de la grande division des Dicotylédones gymnospermes, contrairement à l'opinion de plusieurs paléontologistes qui les rangent parmi les Cryptogames, près des Lycopodiacées et des Équisétacées.

Le nombre et la variété des graines de Gymnospermes que je signale dans ce mémoire confirment cette opinion, que je vois avec satisfaction adoptée par M. Newberry dans son mémoire récent sur diverses graines des terrains houillers de l'État de l'Ohio (*Report of the Geological Survey of Ohio*, vol. I, part. II, *Paleontology*; — *Descriptions of fossil Plants*, by J. S. Newberry, p. 359).

Toutes ces graines, lorsqu'on peut les étudier à l'état complet, nous montrent, comme je l'ai déjà dit, une base qui correspond à la chalaze, et un sommet opposé où se trouve le micropyle. Par des coupes bien dirigées dans l'axe de la graine, on voit souvent très-distinctement le faisceau vasculaire, formé de petites trachées ou vaisseaux rayés, qui traverse le testa, et va s'épanouir dans le disque de la chalaze; ce faisceau donne souvent naissance à des faisceaux vasculaires secondaires qui se portent dans les parties extérieures du testa, et y affectent des dispositions diverses suivant les genres qu'on examine.

A l'autre extrémité, le micropyle se présente tantôt comme un canal oblitéré entouré d'un tissu un peu différent de celui du reste du testa, mais ne faisant pas saillie au dehors; tantôt, dans d'autres genres, le micropyle se prolonge à l'extérieur en une sorte de bec ou de colonne traversé par un canal encore ouvert dans la graine adulte, et dans lequel j'ai aperçu, dans un ou deux cas, des grains de pollen qui s'y étaient engagés.

Celles de ces graines dont je n'ai pas vu les extrémités ressemblent tellement, dans ce qu'on peut en étudier, à d'autres graines plus complètes, qu'on ne peut pas douter que toutes n'appartiennent au même type, et ne se rattachent ainsi aux Cycadées et aux Conifères, tout en présentant des formes absolument étrangères aux genres actuellement existants.

La structure intérieure de ces graines ne peut malheureusement pas être tracée d'une manière aussi complète qu'on pourrait le désirer, la plus grande partie des tissus qui occupaient l'intérieur de la cavité du testa ayant été détruite, soit par une longue macération dans l'eau ou dans un sol humide, soit par l'action du liquide qui a déterminé la silicification de ces organes.

Toutes les parties de la graine qui sont constituées par un tissu cellulaire délicat et peu résistant, rempli de matières amylacées, albumineuses ou oléagineuses, comme l'embryon et le périsperme, ont été détruites : il n'en reste plus que les membranes plus résistantes qui les limitaient; la place occupée par le reste du tissu est remplie de silice amorphe, ou bien présente des cavités tapissées de cristaux de quartz, comme de vraies

géodes. L'espace que devait occuper le périsperme laisse cependant assez souvent voir des traces d'une matière brunâtre formant des sortes de nuages informes, ou plus rarement de petits amas assez réguliers qui semblent avoir rempli des cellules.

Malgré l'altération de ces parties intérieures, on peut y reconnaître presque toujours deux enveloppes membraneuses : l'une, plus externe, naît au pourtour de la chalaze ou sur sa surface supérieure, et se termine supérieurement par une extrémité conique qui correspond à l'orifice du micropyle du testa, mais qui en est souvent assez éloignée : c'est la surface du nucelle ; l'autre, beaucoup plus altérée, libre et flottante au-dessus de la chalaze, et se terminant à quelque distance au-dessous de l'extrémité conique de la précédente, correspond à l'enveloppe du périsperme.

La membrane externe ou nucellaire paraît quelquefois composée de plusieurs couches superposées. Y aurait-il dans quelques-unes de ces graines une membrane interne provenant de la secondine de l'ovule, dont on n'a pas observé la présence dans les Cycadées et les Conifères, mais qui entre probablement dans la constitution des graines des Gnétacées ? C'est un point que de meilleurs échantillons permettront seuls de fixer (1). Sur la surface externe de cette membrane nucellaire, on peut quelquefois distinguer de petits vaisseaux striés qui semblent former plusieurs faisceaux ramifiés faisant suite aux vaisseaux de la chalaze, et

(1) L'existence de cette membrane formant une enveloppe distincte interposée entre le testa provenant de la primine et le nucelle paraît surtout très-probable dans le genre *Pachytesta*. De nouveaux échantillons montrent en effet d'une manière plus distincte que ceux étudiés précédemment une enveloppe membraneuse se prolongeant en un tube grêle, endostome, qui dépasse le sommet du nucelle et s'engage quelquefois dans l'exostome ou micropyle du testa. La secondine, ou membrane interne, qui paraît manquer dans la plupart des Conifères actuelles, a été signalée à plusieurs reprises par R. Brown comme existant dans les *Podocarpus*, et formant à cet égard une exception remarquable à ce qu'on observe généralement dans les Conifères. M. Ern. Favre, dans une notice intéressante (*Ann. sc. nat.*, 1865, t. III, p. 379), a répété ces observations et a montré en outre dans le *Podocarpus sinensis*, le développement remarquable des vaisseaux de la chalaze, auxquels les vaisseaux de la surface du nucelle dans ces graines fossiles sont peut-être analogues ; l'existence d'une membrane interne et l'extension des vaisseaux de la chalaze autour du nucelle ne seraient donc pas des faits sans analogues parmi les Gymnospermes actuelles.

qui s'élèvent assez haut sur cette membrane : c'est un fait remarquable, mais qui ne paraît pas entièrement étranger à l'organisation de certaines Conifères. La membrane propre du nucelle est formée d'une couche de cellules bien distinctes, assez grandes, et qui, dans quelques cas rares, paraît se continuer avec le tissu même du nucelle moins complétement détruit. Il paraît aussi que, dans quelques cas, le nucelle, au moins dans sa partie inférieure, était uni à la face interne du testa par une couche de tissu cellulaire interposé.

Mais il nous reste à étudier la partie la plus intéressante du nucelle, son extrémité supérieure par laquelle s'opère la fécondation.

Dans plusieurs de ces graines, cette extrémité du nucelle, que j'ai désignée dans d'anciens travaux sous le nom de *mamelon d'imprégnation*, a la forme d'un cône terminé par une sorte de bouton papilleux, et se montre ainsi avec l'aspect qu'il a dans beaucoup de graines lorsqu'on cherche le tissu mort et sphacélé de ce mamelon dans la graine mûre ; mais, dans plusieurs de ces graines, on peut même dire dans la majorité d'entre elles, et particulièrement chez celles qui s'éloignent le plus par leurs formes extérieures des graines des Conifères et des Cycadées, ce mamelon du nucelle présente une structure toute particulière, dont on n'a pas signalé d'exemple parmi les végétaux vivants.

Le sommet du nucelle offre une cavité qui paraît circonscrite par un tissu cellulaire lâche et très-délicat, dont la disposition et la structure ne pourraient être bien comprises que par des figures exactes. Cet espace vide paraît s'ouvrir supérieurement au-dessous du micropyle du testa. Cette communication est quelquefois bien distincte, mais souvent elle est masquée par le rapprochement des bords supérieurs de cette cavité, qui, au contraire, est largement ouverte du côté qui correspond à la partie supérieure du sac périspermique, dans laquelle devrait se trouver l'embryon. Dans un assez grand nombre de cas, on voit dans cet espace vide des grains elliptiques entourés d'une membrane bien définie, ordinairement assez colorée, quelquefois marquée d'un réseau régulier, qu'il est bien difficile de ne pas considérer

comme des grains de pollen ayant pénétré par le micropyle jusque dans cette excavation du nucelle au moment de la fécondation.

Je suis, en effet, porté à penser que, dans la jeunesse de la graine, lorsqu'elle était encore à l'état d'ovule, cette cavité du nucelle ne formait qu'une dépression, une sorte de cupule, dont les bords se sont ensuite rapprochés, comme cela a lieu pour le testa lui-même, dont la large ouverture de la primine forme plus tard le micropyle. Ce rapprochement des bords de la cupule nucellaire formerait ainsi une sorte d'endostome qui différerait seulement de l'endostome ordinaire, résultant du rapprochement des bords de la secondine, en ce qu'il serait formé par les bords du sommet du nucelle lui-même.

Des études spéciales sur ce qui se passe dans cette partie du nucelle de nos Gymnospermes actuelles après la fécondation seraient nécessaires pour savoir s'il n'existe pas dans quelques-unes d'entre elles des phénomènes de cette nature. J'ai regretté de ne pouvoir me livrer à ces recherches cette année.

La membrane intérieure ou périspermique est très-différente de celle qui limite le nucelle ; elle est extrêmement mince, et ne paraît pas cellulaire, mais marquée d'aréoles dues à l'application des cellules qu'elle enveloppait, et dont il ne reste généralement plus de trace.

Les positions relatives de ces membranes intérieures entre elles et avec le testa ne sont pas exactement celles de ces parties dans les végétaux vivants, et méritent de fixer notre attention. Dans une graine mûre et parfaite de Conifère, le nucelle constituant l'amande occupe toute la cavité du testa, et est appliqué contre sa surface interne ; son tissu est atrophié, et réduit à une membrane contre laquelle se trouve immédiatement le périsperme. Dans nos graines fossiles, le nucelle et sa membrane ne remplissent presque jamais la cavité du testa ; il est comme rétracté, et dans quelques cas d'une manière évidente, de façon à s'écarter des parois du testa et de l'ouverture du micropyle ; il en est de même pour la membrane périspermique, qui devrait être contiguë à celle du nucelle.

Est-ce le résultat d'un développement imparfait de ces parties dans des graines stériles ou non arrivées à leur maturité? Le développement complet du testa rend cette hypothèse peu probable.

Est-ce plutôt l'effet de la macération et d'un dégagement de gaz qui a disjoint ces tissus délicats, comme elle sépare l'épiderme du parenchyme d'une feuille ? Cette explication me paraît plus probable.

Telle est la structure générale de ces graines, toutes recueillies dans un même gisement du terrain houiller de Saint-Étienne; toutes se rattachent à un même type par leurs caractères les plus essentiels, à celui des Gymnospermes, Cycadées et Conifères, mais beaucoup d'entre elles s'éloignent par des caractères très-importants des genres actuellement existants ; plusieurs même devraient probablement se rapporter à des familles de ce groupe actuellement détruites. Les modifications profondes que présente leur organisation m'ont obligé à y distinguer dix-sept genres, comprenant jusqu'à ce jour vingt-quatre espèces provenant de ce gisement spécial.

Deux principes peuvent diriger dans leur classification : les caractères les plus importants seraient ceux tirés de l'organisation intérieure, c'est-à-dire de la structure du nucelle, et particulièrement de celle de son sommet ; mais dans plusieurs espèces ces caractères n'ont pu être observés, ou ne se sont pas montrés, avec assez de netteté, pour pouvoir être bien étudiés. A défaut de ces caractères intérieurs, le testa, dans sa structure et surtout dans la symétrie générale des parties qui le constituent, peut être employé avec un grand avantage ; les caractères qu'il fournit peuvent toujours être constatés ; leur importance ne saurait être niée, d'autant plus que dans beaucoup de cas ils s'accordent avec ceux tirés de l'organisation du nucelle (1).

(1) L'importance de la symétrie générale de ces graines est cependant sujette à quelques restrictions, si nous en jugeons par ce qui s'observe dans quelques végétaux gymnospermes vivants, exceptions que j'ai surtout pu constater récemment. Ainsi le *Gingko biloba*, dont on recueille maintenant des graines en abondance dans le jardin botanique de Montpellier, présente généralement son endotesta dur formant un noyau lenticulaire avec deux carènes opposées ; mais cependant un assez grand nombre de

Nous divisons ainsi l'ensemble des genres de graines fossiles que nous avons étudiés en deux groupes principaux.

A. Graines à symétrie binaire, plus ou moins aplaties et bicarénées.

Ce groupe, très-naturel, comprend les anciens genres *Cardiocarpus* et *Rhabdocarpus*, et quatre genres nouveaux que j'ai distingués sous les noms de *Diplotesta*, *Sarcotaxus*, *Taxospermum* et *Leptocaryon*. Toutes ces plantes paraissent se rapprocher des Taxinées, et l'on pourrait établir une corrélation entre elles et les genres des Taxinées actuelles, des modifications analogues dans les caractères se montrant dans les unes et dans les autres (1). Ainsi :

Les *Cardiocarpus* répondraient au *Gingko*.

Les *Rhabdocarpus* aux *Torreya*.

Les *Diplotesta* et *Sarcotaxus* aux *Cephalotaxus*.

Les *Taxospermum* et *Leptocaryon* aux *Taxus*.

B. Graines à symétrie rayonnante autour de l'axe à trois, six, huit divisions ou à section circulaire.

Ces graines paraissent s'éloigner davantage des formes actuellement existantes ; la plupart présentent la structure du sommet du nucelle que nous avons signalée comme si particulière. Il me paraît probable que ces genres représentent la fructification de ces arbres d'une forme également très-anormale, que la structure de leurs tiges et de leurs autres organes de végétation m'avait cependant fait ranger parmi les Gymnospermes, tandis

ces graines ont un noyau trigone à trois carènes très-régulières et ressemblant d'une manière frappante à un *Trigonocarpus*. On observe le même fait sur les *Taxus*. Dans l'If commun, la graine est habituellement légèrement aplatie avec deux carènes obtuses, mais on en trouve quelques-unes à trois angles. Au contraire, sur un pied de *Taxus tardiva* Laws., Parlat., *Prodr.*, XVI, p. 502 (*Taxus baccata* var. *adpressa* Hort.), la plupart des graines étaient trigones, et quelques-unes seulement présentaient une forme analogue à celles du *Taxus baccata*. Le caractère seul tiré de la symétrie du testa de la graine ne suffirait pas pour éloigner des espèces qui n'offriraient que cette différence, mais, comme je l'ai dit, ce caractère est le plus facile à employer dans l'état actuel de nos connaissances.

(1) Toutes ces graines paraissent provenir d'arbres du groupe des *Corduites*, dans lequel les formes diverses des organes de la végétation indiquent l'existence de plusieurs types génériques.

que plusieurs des savants qui se sont occupés de ces questions persistent à les classer parmi les Cryptogames. Telles sont les Sigillariées et les Calamodendrées, auxquelles il faut joindre quelques genres admis à la suite des Cycadées et des Conifères.

Les graines fossiles réunies dans cette série ne sont jamais comprimées comme les précédentes ; elles ont une section polygonale ou circulaire, et souvent une forme générale allongée et prismatique.

On peut les classer ainsi, d'après le nombre de leurs parties constituantes et la forme de leur section transversale :

1° A trois parties : *Pachytesta.* — *Trigonocarpus.* — *Tripterospermum.*
2° A six parties : *Ptychotesta.* — *Hexapterospermum.* — *Polypterospermum.* — *Polylophospermum.*
3° A huit parties : *Eriotesta.* — *Codonospermum.*
4° A section circulaire : *Stephanospermum.* — *Ætheotesta.*

§ 2.

A. — Graines comprimées à symétrie binaire.

1. *Cardiocarpus.* — Ce genre, établi dans mon *Prodrome de l'histoire des végétaux fossiles*, n'était caractérisé que par sa forme extérieure lenticulaire et cordiforme, qui laissait des doutes sur sa structure intérieure, et faisait hésiter à le considérer comme une capsule, un fruit ou une graine.

Sa structure montre une graine orthotrope, la chalaze correspondant à l'échancrure basilaire, et le micropyle à la pointe opposée; le nucelle a un sommet conique sans apparence de cavité pollinique (1).

Mais ces graines présentent, dans leur testa, deux structures très-différentes, et qui pourraient engager à y distinguer deux genres :

Le *C. Sclerotesta* offre un testa entièrement dur et nettement limité à l'extérieur.

Le *C. drupaceus* présente, au contraire, un tissu très-dense

(1) J'emploie, pour abréger, cette expression pour indiquer l'espace vide au sommet du nucelle, qui paraît destiné à recevoir le pollen.

près de sa surface interne, qui passe insensiblement à un tissu à grandes cellules plus transparentes, formant une zone probablement charnue comme celle des graines de Gingko, et présentant même des espaces plus transparents, assez régulièrement disposés, correspondant sans doute à des cavités gommeuses ou oléagineuses.

Ce qui m'engage à ne pas séparer ces plantes génériquement, c'est l'existence d'une forme dans laquelle le testa compacte, assez épais et homogène, est recouvert cependant par une couche peu épaisse d'un tissu cellulaire plus transparent (1).

2. *Rhabdocarpus.* — Le genre *Rhabdocarpus* est un de ceux qui avaient déjà été établis d'après des empreintes seules par M. Göppert, et caractérisés par la présence à leur surface extérieure de stries ou sillons longitudinaux ; mais ce caractère, souvent très-incertain, a fait donner ce nom à un grand nombre de fruits mal définis du terrain houiller, et leur a fait attribuer les rapports les plus singuliers avec les végétaux vivants. Ce genre peut être très-bien caractérisé par la structure très-remarquable de son testa, dont la couche interne (endotesta) est nettement limitée, et formée d'un tissu cellulaire dense et compacte ; la couche externe (sarcotesta) est remarquable par la présence dans le tissu cellulaire qui la constitue de faisceaux nombreux de fibres solides, s'étendant souvent obliquement de la base au sommet, constituant une enveloppe charnue et fibreuse qui se prolonge au delà du noyau de l'endotesta, tant vers le sommet que vers la base. A l'intérieur, on reconnaît sur l'*endotesta* la chalaze et le micropyle opposés, et le nucelle dressé terminé par un sommet conique sans apparence de cavité pollinique : le nucelle paraît uni au testa dans sa partie inférieure, comme on l'observe dans quelques Conifères ; la chalaze reçoit un faisceau vasculaire central, d'où naissent deux faisceaux vasculaires récurrents qui se

(1) Dans ces deux types principaux il y a des formes diverses, probablement spécifiques, qui se distinguent par leur grandeur absolue et surtout par les rapports de leur longueur à leur largeur : dans l'une, en effet, ces deux dimensions sont égales ; dans une autre, *Cardiocarpus expansus*, le diamètre transversal est au diamètre longitudinal passant par la chalaze et le micropyle comme 3 est à 2.

continuent en dehors de la carène dans toute son étendue. Il existe deux ou trois espèces de *Rhabdocarpus* dans le dépôt siliceux de Saint-Étienne ; mais il est assez difficile de les définir, et d'apprécier leurs rapports avec les espèces déjà signalées dans d'autres localités (1).

3. *Diplotesta.* — Ce genre avait été très-bien distingué par M. Grand'Eury par l'inspection même des graines, telles qu'elles se montrent dans les cassures de la roche qui les renferme, et j'ai été heureux de conserver le nom qu'il leur avait donné.

Ces graines se distinguent, en effet, par les deux zones très-nettement limitées qui constituent leur testa : l'une interne, d'un tissu généralement plus coloré, très-dense, et formé de petites cellules uniformes ; l'autre externe, à peu près de même épaisseur, et formée de cellules plus grandes qui varient de la partie interne à la partie externe de cette zone, et sont souvent très-altérées, mais limitées par un épiderme très-distinct.

Ces graines sont elliptiques, peu comprimées, mais cependant marquées de deux carènes opposées peu saillantes. A l'intérieur, la chalaze forme une saillie qui donne à la cavité une apparence cordiforme qui ne se manifeste pas au dehors. Le nucelle est presque cylindrique, terminé par un mamelon qui surmonte une partie conique. Je n'en connais qu'une seule espèce à laquelle j'ai donné le nom de M. Grand'Eury, qui l'a signalée le premier. Il est possible que quelques-unes des graines désignées sous le nom de *Cyclocarpus* appartiennent à ce genre (2).

4. *Sarcotaxus.* — Ce genre est fondé sur le grand développe-

(1) Une de ces espèces, dont la forme extérieure est allongée et presque conique, l'enveloppe charnue se prolongeant beaucoup au delà du noyau formé par l'endotesta, a été désignée par M. Grand'Eury sous le nom de *Rh. conicus ;* l'autre, d'une forme générale ellipsoïde, a été nommée par lui *Rh. subtunicatus,* à cause de son analogie avec le *Rh. tunicatus* de Göppert.

(2) Le nom de *Cyclocarpus* a été donné à des graines du terrain houiller dont les empreintes ressemblent à celles des *Cardiocarpus*, sauf l'échancrure en forme de cœur de la base qui caractérise ces derniers. Mais la forme des *Cyclocarpus* se retrouve dans les noyaux isolés des *Rhabdocarpus* et des *Diplotesta,* et ne suffit pas pour les distinguer.

ment du *sarcotesta*, ou zone externe du testa, qui formait évidemment une pulpe épaisse, molle, dont le tissu est souvent détruit, mais qui était limité par un épiderme bien conservé, formé d'une seule couche de cellules, indiquant la surface très-irrégulière ou très-déformée d'une masse molle ou charnue.

L'endotesta dur et compacte ressemble à celui du *Diplotesta ;* mais il offre dans la structure de ses tissus et dans l'organisation de la chalaze des différences qui obligeront peut-être plus tard à diviser ce genre ou à rattacher une de ses espèces, le *Sarcotaxus avellanus*, au genre *Diplotesta*.

Dans l'état actuel de nos connaissances, on peut distinguer trois espèces parmi nos échantillons de Saint-Étienne :

Sarcotaxus angulosus. — Sarcotaxus olivæformis. — Sarcotaxus avellanus.

La structure de ces graines permet de les comparer à plusieurs égards à celles des *Cephalotaxus* vivants.

5. *Leptocaryum.* — M. Grand'Eury avait désigné dans ses envois, sous le nom de *Carpolithes avellana,* diverses graines ovoïdes, légèrement comprimées, qui ont dû former plusieurs genres distincts, *Sarcotaxus*, *Taxospermum*, et enfin celui qui me paraît leur type principal, et auquel je donne le nom de *Leptocaryum*. Je n'en connais qu'une espèce, le *L. avellanum :* ce sont des graines de grosseur moyenne, elliptiques, peu allongées (12 millimètres sur 10), légèrement aplaties et bicarénées, dont le testa, presque homogène, est formé de petites cellules elliptiques ou globuleuses, à parois très-épaisses, se désagrégeant facilement, sans épiderme, ni couche externe différente, mais tapissé à l'intérieur par quelques rangées de fibres grêles longitudinales. Ce testa est traversé par un canal micropylaire étroit, et présente à sa base une chalaze discoïde, sur laquelle repose la base du nucelle ; celui-ci paraît souvent uni à la face interne du testa jusqu'à moitié de la hauteur par un tissu cellulaire interposé, mais souvent détruit ; il est libre plus haut, et se termine par un sommet conique dont l'extrémité forme une papille celluleuse saillante sous le micropyle.

Ce genre, quoique ressemblant extérieurement au *Taxospermum*, en diffère beaucoup par la constitution de son testa et de son nucelle.

6. *Taxospermum*. — Les graines que je désigne sous ce nom ressemblent, plus que toute autre, par leur forme extérieure, à celles de notre If ou *Taxus*. Elles ont un testa mince, d'apparence dure et solide, mais d'une organisation plus compliquée que celle du testa des *Taxus* actuels; il présente un épiderme interne très-distinct, formé d'une seule couche de grandes cellules carrées, une couche composée de fibres dirigées parallèlement à l'axe, une couche de tissu dense à cellules oblongues, et une zone externe mince, formée de cellules plus transparentes, sans épiderme distinct. Cette couche externe s'épaissit vers le haut, et forme une sorte de caroncule papilleuse autour du micropyle.

La chalaze paraît constituée par un disque peu épais, dont on n'a pas pu observer le faisceau vasculaire.

Le nucelle est terminé par un sommet conique qui paraît creusé d'une cavité pollinique entourée d'un tissu cellulaire spécial, et renfermant quelques grains de pollen.

Je ne connais qu'une espèce de ce genre déjà observée très-anciennement à Saint-Étienne. Je suis heureux de lui donner le nom de M. Gruner, dont les travaux ont tant contribué à faire connaître la constitution géologique du bassin houiller de Saint-Étienne.

Le *Taxospermum Gruneri* est une graine elliptique légèrement aplatie, à deux carènes obtuses, de 15 millimètres de long sur 9 millimètres de large, beaucoup plus grosse par conséquent que les graines de l'If, auxquelles ces graines ressemblent par leur forme extérieure, mais dont elles diffèrent évidemment beaucoup par la structure de leurs diverses parties.

B. — Graines prismatiques ou cylindriques dont le testa est organisé symétriquement autour de l'axe.

7. *Pachytesta*. — Le genre *Pachytesta* est évidemment le plus remarquable de tous ceux qui se trouvent dans ces terrains

par l'énorme volume des graines qui le constituent ; elles ont la forme d'un ellipsoïde allongé, dont la dimension varie probablement suivant les diverses espèces, mais qui peuvent atteindre 11 centimètres de long sur 5 de large.

Ces graines avaient été désignées par M. Grand'Eury dans ses envois sous le nom de *Rhabdocarpus giganteus ;* mais l'étude de leur organisation montre qu'elles n'ont rien de commun avec le genre *Rhabdocarpus*, les stries longitudinales qui se remarquent à sa surface n'ayant pas la même origine.

Le testa qui forme l'enveloppe externe de ces graines est entièrement compacte et probablement très-dur ; il est souvent brisé par la pression ; les fragments en sont disjoints, mais sans être déformés. Dans la zone moyenne, ce testa a environ 6 millimètres d'épaisseur ; dans une variété ou espèce, il présente près de la chalaze 8 millimètres, dans une autre 12 millimètres d'épaisseur ; il s'épaissit également au bout micropylaire, au moins dans certains échantillons, et acquiert aussi jusqu'à 12 millimètres d'épaisseur.

Son tissu est formé de cellules allongées, sinueuses, repliées de diverses manières, suivant la zone qu'on examine. Ce testa, formant un cercle très-régulier, est cependant partagé en trois segments par des sortes de sutures déterminées par une lame très-mince d'un tissu composé de cellules parallèles ; elles correspondent chacune à l'intérieur à deux petites crêtes qui paraissent avoir uni le testa au tissu extérieur du nucelle, mais dont les liens sont détruits. Le caractère important qu'on y observe consiste dans la présence, près de la surface externe, de faisceaux vasculaires nombreux qui déterminent les lignes saillantes longitudinales qu'on remarque sur la surface extérieure. Quelques autres faisceaux moins nombreux sont placés plus loin de la surface ; ils prennent naissance les uns et les autres, mais à des hauteurs différentes, du faisceau vasculaire qui traverse la base du testa pour se rendre à la chalaze.

Cette chalaze forme un des caractères remarquables de ces graines ; elle est élevée sur un pédicelle épais et assez court, surmonté d'un disque concave, comme une sorte de coupe dont

les bords se replient et s'enroulent en dessous pour donner naissance à la membrane externe du nucelle. Au-dessus du disque de la chalaze se trouve une autre membrane, probablement celle qui entoure le périsperme. Au delà de cette région, tous les tissus intérieurs de la graine sont détruits ou très-altérés, et la cavité de la graine devient comme une géode tapissée de cristaux de quartz. Nous n'avons jusqu'à présent que des données très-imparfaites sur le reste du nucelle et sur l'organisation de son sommet (1).

8. *Trigonocarp u* — J'avais, dès 1828, désigné sous le nom de *Trigonocarpus* des fruits trigones du terrain houiller, considérés par Sternberg comme des *Palmacites*, et je les avais laissés parmi les Monocotylédones douteuses. Depuis lors cette désignation a été appliquée à beaucoup de fruits analogues, sans que leur classification ait été fixée d'une manière plus certaine; car Lindley (*Fossil Flora*) et Göppert (*Flor. permiensis*) les considèrent comme un preuve positive de l'existence des Palmiers à l'époque houillère.

M. J. Hooker, dans une Notice sur quelques échantillons à structure conservée (*Trans. Soc. Roy.*, 1855) (2), a émis le pre-

(1) De nouveaux échantillons nous ont fourni sur la structure intérieure de cette graine remarquable des données plus précises. Le testa est recouvert à l'intérieur, dans toute son étendue, d'une couche de tissu cellulaire limitée par un épiderme interne qui pourrait être pris, par suite de la destruction fréquente d'une partie du tissu qu'il recouvre, pour une enveloppe distincte; plus à l'intérieur se trouve une enveloppe très-délicate unie dans une grande étendue à celle du nucelle, dont elle se sépare plus haut et qui paraît correspondre à une secondine de l'ovule; elle se termine supérieurement en un tube grêle correspondant au micropyle et formant un endostome. C'est au-dessous de ce prolongement tubuleux que se trouve le sommet du nucelle; plus bas on distingue encore une sorte de cloison membraneuse qui sépare sa partie supérieure de la zone qui devait être occupée par le périsperme. Il y a là une structure très-complexe qu'on reconnaît d'une manière très-évidente dans la cassure d'échantillons que leur nature cristallisée ne permettra peut-être pas de préparer en lames minces.

Je rappellerai que de grosses graines fort semblables à celles-ci ont été considérées il y a déjà longtemps par moi comme se rapportant probablement au genre *Noggerathia* (*Comptes rendus*, 1845, t. XXI, p. 1392).

(2) *On the Structure of certain limestone Nodules enclosed in seams of bituminous Coal, with a Description of some Trigonocarpon contained in them*, by Joseph Dalton Hooker, M.D., et Edward William Binney, esq., 14 décembre 1854.

Si dans le texte de cette notice je n'ai cité que M. Hooker, c'est parce que j'ai attribué

mier l'opinion de leurs rapports avec les Gymnospermes ; mais sa description se rapporte plutôt au genre suivant.

M. Schimper, qui ne paraît pas avoir connu cette opinion de M. Hooker, les place cependant à la suite des Cycadinées, plutôt d'après leurs associations géologiques que d'après leurs caractères. La structure de toutes leurs parties établit d'une manière positive leur place parmi les Gymnospermes.

Ce sont des graines elliptiques trigones, à trois carènes peu saillantes, ne se prolongeant pas en ailes; celle de Saint-Étienne que j'ai étudiée est plus petite que la plupart de celles déjà décrites, et surtout que le vrai *Trigonocarpus Noggerathi*, qu'on doit considérer comme le type du genre, et qui diffère peut-être en quelque point de la graine que j'ai examinée.

Ici le testa mince, entièrement formé d'un tissu dense et compacte, offre cependant deux couches superficielles différentes de la zone moyenne formée de cellules rayonnantes. Les trois angles sont marqués surtout vers l'extrémité supérieure, et correspondent dans cette partie à trois sutures qui paraissent pouvoir se disjoindre, probablement à l'époque de la germination. Le testa se prolonge supérieurement en un micropyle tubuleux. La chalaze est formée par un faisceau vasculaire très-marqué qui traverse le testa à sa base. Le nucelle présente un sommet conique, d'une forme très-particulière, et assez variable sur les différents échantillons, mais montrant toujours un espace vide bordé d'un tissu cellulaire spécial, et contenant quelquefois des grains d'apparence pollinique.

Cette espèce, que je ne puis rapporter avec certitude à aucune des espèces déjà décrites, recevra le nom de *Trigonocarpus pusillus*.

9. *Tripterospermum*. — La graine sur laquelle ce genre est fondé présente la forme générale des *Trigonacarpus*, et son

plus spécialement à ce savant botaniste la question des affinités de ces graines avec les végétaux actuels, et plus particulièrement le *Gingko* ou *Salisburia*. Les Trigonocarpes étudiés par ces auteurs proviennent de la partie inférieure des couches de charbon du Lancashire, par conséquent de terrains carbonifères beaucoup plus anciens que ceux de Saint-Étienne.

amande, dépouillée du testa, en aurait tous les caractères; mais ce testa, très-épais, se prolonge en trois ailes très-saillantes, et est composé de deux couches très-distinctes : l'interne est formée d'un tissu serré, très-coloré et très-opaque, composé de cellules diversement dirigées; l'extérieure, plus large, est constituée par un tissu plus lâche et plus transparent. Ces deux couches sont séparées d'une manière très-nette, et sont même quelquefois disjointes; elles se continuent dans les ailes et autour du micropyle, qui forme un bec épais et saillant. La chalaze est fournie par un faisceau de vaisseaux striés ou de trachées très-fines, qui, traversant la base du testa, s'épanouissent pour former le disque chalazien, et s'étendent, dans une assez grande étendue, sur la surface externe du nucelle. Le sommet de ce nucelle, détruit par la préparation, ne montre que son extrémité assez éloignée du micropyle par la rétraction de l'ensemble du nucelle, ainsi qu'on l'observe assez fréquemment dans ces graines fossiles.

Je n'ai eu à ma disposition qu'un seul échantillon de cette graine, qui n'a pas permis de multiplier davantage les préparations; elle est assez grosse, chacune de ses faces, de l'extrémité d'une aile à l'autre ou de la base au sommet, ayant environ 3 centimètres.

Il est possible que certains *Trigonocarpus* déjà décrits se rapportent au moule intérieur de cette graine, dépouillé de son testa et de ses ailes (1).

10. *Ptychotesta*. — Ce genre se distingue facilement par la structure toute particulière de son testa. Les six ailes qui prolongent les angles de la graine à section hexagonale sont en effet formées, non pas par une extension du tissu du testa, mais par

(1) C'est à ce genre que se rapportent sans doute les Trigonocarpes décrits par MM. Hooker et Binney, et probablement plusieurs des espèces classées dans ce genre et qui paraissent avoir une couche extérieure du testa distincte d'un endotesta plus dur. Quant à la déhiscence de ce testa en trois valves, je crois qu'elle a lieu dans ces trois genres à forme trigone par suite du gonflement des parties intérieures, comme on l'observe dans diverses graines au moment de la germination. — Cette division en trois valves est signalée dans les empreintes de plusieurs Trigonocarpes non silicifiés, et j'en ai observé le commencement sur quelques échantillons des graines qui nous occupent.

le testa lui-même replié à l'extérieur. Ces ailes ont ainsi une double paroi identique, pour sa structure et son épaisseur, au testa qui entoure le corps de la graine, et sont même élargies à leur extrémité libre par l'écartement de ce repli du testa.

Cette enveloppe de la graine, très-mince, est homogène, mais composée de lames parallèles à la surface du testa, formées de fibres cylindriques parallèles les unes aux autres dans une même lame, mais se croisant dans diverses directions dans les lames superposées.

Les premiers échantillons ne nous avaient montré que des sections transversales de peu d'étendue en longueur ; un nouvel exemple vient de nous présenter toute la longueur de la graine fendue par son milieu, mais ne renfermant pas ses parties intérieures : on voit que c'est une graine allongée fusiforme, dont la cavité a environ 18 millimètres de long sur 4 à 5 millimètres de large, mais qui, avec les ailes, se prolongeant au-dessus et au-dessous, atteint environ 30 millimètres en longueur et 10 à 12 en largeur. La graine est en outre sensiblement arquée.

La disposition de ces prolongements et la structure de la chalaze et du micropyle nous sont encore inconnues, ainsi que tout ce qui concerne le nucelle.

11. *Hexapterospermum.* — On n'a trouvé jusqu'à présent que des échantillons assez incomplets de ces graines, qui cependant constituent deux espèces bien distinctes par la structure de leur testa.

Leur coupe transversale nous montre un testa hexagone se prolongeant aux angles en six ailes très-saillantes.

Dans l'une de ces espèces (*H. stenopterum*), le testa, quoique très-mince, est formé de deux couches très-différentes : l'une interne, plus dense, formée de cellules allongées, disposées en bandes longitudinales et transversales ; l'autre externe, composée d'un parenchyme cellulaire régulier plus transparent. Ces tissus se continuent dans les ailes, qui sont minces et aiguës, et autour du micropyle, qui forme un tube très-saillant, dont nous n'avons pas pu voir l'extrémité.

Dans l'autre espèce (*H. pachypterum*), le testa, très-nettement limité, est composé d'un tissu semblable dans toute son épaisseur, formé de cellules allongées ou oblongues, droites ou courbées, diversement dirigées. Les six ailes correspondant aux angles sont larges à leur base, offrent une section transversale triangulaire, et sont constituées entièrement par un tissu compacte semblable à celui du testa. Dans cette espèce, nous n'avons vu que l'extrémité chalazienne qui paraît offrir un prolongement des ailes au-dessous de la base de la graine.

Par ce caractère, aussi bien que par la structure des ailes ou plutôt des crêtes épaisses du testa, cette seconde espèce semble avoir quelque analogie avec le genre *Polylophospermum*, et, plus complétement connue, elle devra peut-être lui être attribuée.

12. *Polypterospermum*. — Cette graine, dont je n'ai pu étudier qu'un seul échantillon, mais très-complet, est remarquable par le nombre et l'étendue des ailes qui naissent de sa surface.

Elle devait être ovoïde, obtuse vers sa base, aiguë à son sommet; sa section transversale était hexagone avec six ailes étroites et aiguës aux angles du testa, et six autres ailes plus courtes et tronquées naissant du milieu de chacun des côtés de l'hexagone; le testa, très-mince, est dense et opaque vers l'intérieur où sa structure est difficile à reconnaître ; plus à l'extérieur, il est formé de fibrilles grêles, sinueuses, diversement repliées, déterminant des saillies à l'extérieur.

Les ailes paraissent formées par une expansion de ce tissu : elles sont, en effet, composées de filaments ou cellules filiformes flexueuses, dirigées perpendiculairement à la surface du testa, unies entre elles par leur juxtaposition ou par un tissu délicat et souvent détruit ; les ailes intermédiaires à celles des angles sont plus courtes, plus larges, tronquées, et semblent terminées par de petites cellules ; la chalaze, peu étendue, surmonte un reste de funicule et ne présente rien de particulier. Le micropyle se prolonge en un tube court formé par des cellules allongées.

Le sommet du nucelle paraît terminé par un petit canal cylindrique surmontant un espace creux spécial, comprenant dans

cet échantillon une petite masse coagulée, qui semble formée de granules polliniques agglomérés; la disposition des membranes qui constituent le sommet micropylaire du nucelle est assez remarquable, mais exigerait des figures pour être comprise.

Tous ces détails obtenus par des sections parfaitement dirigées dans un seul échantillon sont une preuve du talent de M. B. Renault, auquel je suis heureux de dédier cette espèce (*Polypterospermum Renaultii*).

13. *Eriotesta*. — Je n'ai vu qu'un fragment peu étendu de cette graine, mais il offre des caractères qui la distinguent facilement.

La section transversale, quoique incomplète, indique une graine octogone, dont le testa mince et compacte, formé de cellules oblongues, dirigées parallèlement à la surface interne et transversalement relativement à l'axe, se développe extérieurement en cellules allongées perpendiculaires à la surface, formant des poils qui couvrent toute la surface externe du testa, et sont plus allongés vers les angles, qu'ils rendent plus apparents.

Cette graine (*Er. velutina*) a environ 8 millimètres de diamètre. On ignore son étendue en longueur et la structure de ses autres parties.

14. *Polylophospermum*. — La forme remarquable de cette graine aurait dû la signaler aux auteurs des flores du terrain houiller ; cependant je n'en trouve aucun indice dans les publications sur les fruits fossiles. Est-elle propre au bassin de Saint-Étienne ?

C'est une graine allongée, prismatique, longue de 15 millimètres, sans compter ses prolongements inférieurs et supérieurs. La section de son testa est hexagonale, et chaque angle se prolonge en une crête large à sa base ; d'autres crêtes plus courtes s'élèvent dans l'intervalle du milieu des faces du prisme hexagonal. Ces crêtes, qui sont le prolongement du testa, sont formées d'un tissu dense et opaque ; mais au dehors on voit un tissu cellulaire plus lâche et transparent, souvent détruit, qui

occupe les côtés des grandes crêtes et l'intervalle entre celles-ci et les plus petites.

C'est sur ces graines que j'ai observé pour la première fois ces radicelles qui, en rampant à leur surface, pénètrent et détruisent ce tissu et en rendent l'observation très-difficile ; elles s'introduisent en outre à travers ce tissu lâche dans les parties extérieures de ces graines.

En effet, le tissu du testa se prolonge au-dessus et au-dessous de la graine, de manière à former supérieurement une sorte de cupule en forme de grelot, ouvert vers le haut, et formé alternativement de bandes solides faisant suite aux crêtes du testa, et d'espaces occupés par le tissu cellulaire parenchymateux que ces radicelles traversent souvent. A l'extrémité inférieure l'organisation est très-analogue, si ce n'est que le centre de ce prolongement est occupé par le funicule ou le faisceau chalazien, et que l'espace compris entre ce faisceau vasculaire et l'enveloppe externe est occupé par un parenchyme souvent détruit ; la graine proprement dite se prolonge supérieurement en un micropyle tubuleux formant une sorte de colonne qui occupe le centre du prolongement supérieur du testa et atteint son orifice.

Dans l'intérieur de la graine on voit un nucelle cylindrique naissant du pourtour du disque peu saillant de la chalaze. Supérieurement, la membrane du nucelle paraît se dédoubler pour former une chambre pollinique complétement vide, mais qui paraît fermée supérieurement par un mamelon cylindrique un peu saillant, et formé de cellules allongées parallèles. Le sac périspermique est bien distinct et ouvert supérieurement.

15. *Codonospermum*. — Ce genre est certainement le plus singulier par son organisation de ceux que nous a fournis ce gisement de Saint-Étienne ; il paraît y être fréquent à l'état d'empreinte, quoique je ne trouve rien qui s'y rapporte dans les publications sur les graines du terrain houiller. A l'état silicifié, nous en avons eu plusieurs échantillons, qui cependant laissent à désirer dans quelques-unes de leurs parties. A l'extérieur, cette graine se présente sous la forme d'une sorte de cloche cylin-

drique dans le bas, et terminé supérieurement par une pyramide très-surbaissée à huit angles. La partie cylindrique, qui est un peu plus étendue que le sommet pyramidal, se prolonge en huit lobes ou dents qui se recourbent en dessous, et vont probablement se réunir au centre : c'est cette partie qui présente encore des doutes sur son organisation ; mais elle n'est qu'accessoire, car la graine proprement dite occupe le sommet pyramidal. Une coupe longitudinale montre en effet que la graine, très-déprimée dans le sens de l'axe, a la forme d'une tête de clou épaisse, convexe en dessus, plane ou plus souvent concave en dessous, entourée dans toute sa périphérie par un testa compacte, opaque, formé entièrement de cellules grêles, longues, parallèles à sa surface, testa qui se continue au-dessous de la graine pour constituer un prolongement inférieur analogue, à quelques égards, à celui qui est à la base du *Polylophospermum ;* mais il paraît fermé en dessous, et n'offrir que des ouvertures latérales entre les dents ou lobes signalés plus haut. Quant à la graine elle-même, on y retrouve les mêmes parties que dans les précédentes, mais sous une forme très-différente ; il y a une chalaze vasculaire, dont les vaisseaux doivent avoir été contenus dans un tube solide prolongeant le testa inférieurement. Les membranes du nucelle paraissent au nombre de trois, dont les deux externes, unies dans une assez grande étendue, correspondent probablement à la surface du nucelle ; l'interne à l'enveloppe périspermique.

Le sommet du nucelle présente de la manière la plus distincte la chambre pollinique circonscrite par un tissu cellulaire spécial, qui semble naître du sommet du nucelle, et qui présente supérieurement un canal très-marqué. Des granules polliniques existent dans cet espace vide.

Une graine beaucoup plus petite du même genre semblerait indiquer une seconde espèce. L'espèce type portera le nom de *C. anomalum* (1).

(1) Plusieurs nouveaux échantillons n'ajoutent que peu de chose à ce qui concerne la graine proprement dite ; ils indiquent cependant d'une manière plus nette que les premiers l'existence d'une couche mince de tissu cellulaire sur la surface externe du

16. *Stephanospermum.* — Les graines que nous désignons sous ce nom avaient déjà été remarquées par M. Grand'Eury, qui nous les avait envoyées sous le nom de *graines couronnées*. Ce sont les plus petites que nous connaissions dans ce terrain, et elles sont en effet remarquables par l'espèce de couronne qui surmonte leur testa et entoure le micropyle. Elles ont une forme cylindrique ou celle d'un ellipsoïde allongé. Leur longueur totale est d'environ 1 centimètre et leur largeur de 4 millimètres. Le testa mince forme un cercle continu, d'un tissu opaque très-dense, composé de petites cellules sphériques et d'une rangée de cellules plus transparentes à l'intérieur. A la partie supérieure, ce testa se prolonge en une sorte de cupule ou couronne continue, du même tissu que dans le reste de son étendue, amincie sur son bord, mais sans divisions. Au milieu de cette cupule s'élève le tube micropylaire, élargi à sa base et d'environ 2 millimètres de longueur.

Le testa est un peu renflé à la base, et traversé par le faisceau vasculaire qui s'épanouit pour former le disque un peu saillant de la chalaze; la paroi du nucelle fait suite au pourtour de ce disque chalazien; elle suit à peu de distance la surface interne du testa, et le nucelle se termine supérieurement par un sommet conique qui correspond, d'une manière plus ou moins immédiate, à l'ouverture du micropyle. Cette partie supérieure du nucelle a la forme d'un dôme, et présente souvent d'une manière très-nette cette cavité entourée d'un tissu cellulaire spécial, contenant très-souvent des grains de pollen bien caractérisés.

Ces graines entières varient un peu de forme, et pourraient

testa, mais ils nous fournissent quelques données plus précises sur la structure du prolongement inférieur de ces graines. On voit que ce prolongement du testa, se repliant en dessous, vient se réunir à l'axe qui s'étend vers la chalaze et présente à l'intérieur des crêtes saillantes au nombre de huit qui paraissent circonscrire autour de cet axe un espace vide ou occupé par un tissu lâche et détruit, formant au-dessous de la graine une sorte de ballon déprimé. Cette organisation singulière, quoique mieux indiquée sur ces échantillons, est souvent difficile à bien reconstituer par suite des déformations que cette partie a éprouvées par la compression et qui semblent en rapport avec la vacuité de cette partie de la graine.

peut-être constituer plusieurs espèces. Je désigne l'espèce type par le nom de *St. achenioides*.

17. *Ætheotesta.* — Graine ellipsoïde ou presque sphérique de 12 à 15 millimètres de diamètre, à testa épais homogène, formé de fibres ou cellules allongées, dirigées perpendiculairement à la surface; ces fibres paraissent, sur un échantillon, entremêlées à de petites cellules globuleuses (peut-être par suite d'une altération du tissu). Ce testa, vers sa base, est recouvert, dans une certaine étendue, par une couche d'un tissu lâche, formé de cellules allongées ou fibrilles molles, diversement repliées et sinueuses, qui semble constituer une sorte d'arille. A l'extrémité opposée (sur un autre échantillon), le testa, aminci dans la partie qui correspond au micropyle, est surmonté d'une épaisse caroncule formée de cellules fibrilleuses très-transparentes, parallèles entre elles, laissant quelquefois des lacunes étendues par leurs disjonctions; ces cellules, qui paraissent rayonner autour du micropyle, sont presque dans la direction de celles du testa qu'elles recouvrent. La surface de cette caroncule charnue est très-nettement limitée à l'extérieur par une zone de petites cellules polyédriques. A l'intérieur de la graine on trouve le nucelle très-rétracté et déplacé dans un des échantillons, dans sa position naturelle s'étendant jusqu'au-dessous du micropyle dans l'autre; il présente toujours un sommet tubuleux surmontant une cavité dans laquelle on observe quelques grains de pollen.

Les graines de ce genre se reconnaissent facilement, même sur la cassure, à la texture fibreuse rayonnante de leur testa et à son épaisseur, ainsi qu'à leur forme presque globuleuse, qui m'a fait nommer cette espèce *Æ. subglobosa* (1).

(1) Il faut bien remarquer que dans cette graine le tissu cellulaire lâche de l'extrémité micropylaire du testa est continu avec le tissu même de ce testa, et fait ainsi partie de cette enveloppe. Au contraire, le tissu qui l'entoure à sa base est étranger au testa, ne lui adhère que vers son milieu, et l'accompagne comme un arille qui rappelle la sorte de cupule des *Taxus* et surtout des *Dacrydium*.

EXPLICATION DES PLANCHES.

PLANCHE 21.

Fig. 1-6. — CARDIOCARPUS.

Fi . 1. *Cardiocarpus drupaceus*. Coupe par le plan de la carène. — *a*, testa épais, charnu à l'extérieur; *b*, chalaze; *c*, nucelle et périsperme; *d*, extrémité micropylaire du nucelle (grand. nat.).

Fig. 2. Coupe de la même espèce, perpendiculaire au plan de la carène.

Fig. 3. *Cardiocarpus expansus* dont la zone interne du testa est mise à découvert par la cassure de l'échantillon, et la zone externe charnue *a* est indiquée dans son pourtour.

Fig. 4. Coupe longitudinale du *Cardiocarpus drupaceus* var., montrant l'épaisseur de la zone cellulaire charnue et les lacunes qu'elle présente vers l'extérieur.

Fig. 5. *Cardiocarpus sclerotesta*. Portion de la base avec la chalaze, coupée dans le plan de la carène.

Fig. 6. *Cardiocarpus sclerotesta minor*. Coupe dans le plan de la carène.

Fig. 7-11. — RHABDOCARPUS.

Fig. 7. *Rhabdocarpus conicus* Grand'Eury. Forme générale d'après un échantillon cassé avant la préparation (grand. nat.).

Fig. 8. Coupe longitudinale de la région micropylaire du même. — *a*, testa avec faisceaux fibreux; *b*, nucelle avec sommet micropylaire.

Fig. 9. Coupe longitudinale perpendiculaire à la carène de la même espèce.

Fig. 10. *Rhabdocarpus subtunicatus* Grand'Eury. Coupe longitudinale comprenant la chalaze, parallèle à la carène.— *a*, endotesta; *b*, chalaze avec l'origine des faisceaux vasculaires latéraux de la carène se continuant en *v*; *c*, sarcotesta avec ses faisceaux fibreux; *d*, nucelle avec son sommet micropylaire.

Fig. 11. Coupe transversale de la même espèce. (Mêmes lettres.)

Fig. 12-14. — DIPLOTESTA.

Fig. 12. *Diplotesta Grand'Euryana*. Coupe longitudinale perpendiculaire au plan de la carène.— *a*, endotesta; *b*, sarcotesta; *c*, cavités glanduleuses de la base de l'endotesta; *d*, nucelle avec son extrémité micropylaire.

Fig. 13. Coupe transversale de la même espèce, dans la partie moyenne de la graine. (Mêmes lettres.)

Fig. 14. Coupe transversale près de la base de la graine passant par la chalaze et les cavités glanduleuses.

Fig. 15-16. — SARCOTAXUS.

Fig. 15. *Sarcotaxus olivæformis*. Coupe longitudinale grossie 2 fois.— *a*, endotesta; *b*, épiderme du sarcotesta; *c*, chalaze; *d*, nucelle terminé par un sommet conique.

Fig. 16. *Sarcotaxus angulosus*. Coupe transversale grossie 4 fois.— *a*, endotesta avec deux carènes; *b*, épiderme du sarcotesta formant une enveloppe quadrangulaire; *d*, coupe du nucelle.

Fig. 17. — LEPTOCARYON.

Fig. 17. *Leptocaryon Avellana*. Coupe longitudinale, grossie 2 fois, d'une graine complète. — *a*, testa; *b*, chalaze; *c*, micropyle; *d*, nucelle montrant sa base fixée à la chalaze et son sommet correspondant au micropyle.

Fig. 18-20. — TAXOSPERMUM.

Fig. 18. Graine du *Taxospermum Gruneri*, de grandeur naturelle, vue par la surface aplatie.

Fig. 19. La même, vue du côté d'une des carènes.

Fig. 20. Coupe longitudinale dans le plan des carènes, grossie 2 fois.—*a*, testa; *b*, micropyle; *c*, nucelle; *c'*, son sommet micropylaire; *d*, reste du sac périspermique.

PLANCHE 22.

Fig. 1-3. — TRIGONOCARPUS.

Fig. 1. *Trigonocarpus pusillus* grandeur naturelle.

Fig. 2. Coupe longitudinale passant par la chalaze et le micropyle, grossie 5 fois. — *a*, testa; *b*, chalaze; *c*, micropyle; *d*, nucelle; *e*, cavité du sommet du nucelle avec grains de pollen.

Fig. 3. Coupe transversale de la même graine (même grossissement). — *a*, testa; *b*, sutures du testa; *c*, membrane du nucelle.

Fig. 4-5. — PACHYTESTA.

Fig. 4. Coupe longitudinale de grandeur naturelle, dont les dimensions résultent d'un échantillon complet, mais dont la partie supérieure ne passait pas par le micropyle, représenté d'après un autre échantillon.

Partie inférieure, *Pachytesta incrassata*. — *a*, testa très-épaissi vers la base; *b*, faisceau vasculaire de la chalaze; *c*, vaisseaux extérieurs du testa; *d*, vaisseaux intérieurs du testa; *e*, chalaze en forme de disque saillant; *f*, membrane naissant du col de la chalaze et limitant le tissu interne du testa; *g*, membrane du nucelle.

Partie supérieure de la même espèce? ou du *Pachytesta gigantea*. — *h*, testa épaissi autour du micropyle *i*; *k*, tube micropylaire *f* renfermant des granules polliniques et dépassant le sommet du nucelle.

Fig. 5. Coupe transversale du *Pachytesta incrassata?* *a*, testa; *c*, vaisseaux extérieurs du testa; *d*, vaisseaux intérieurs du testa; *f*, membranes externes et internes du nucelle.

Fig. 6-8. — TRIPTEROSPERMUM.

Fig. 6. *Tripterospermum rostratum*. Coupe longitudinale de la partie supérieure passant par le micropyle, grossie 2 fois. — *a*, endotesta se prolongeant en un tube

grêle autour du micropyle; *b*, couche externe celluleuse, spongieuse ou charnue, du testa, se prolongeant aussi autour du micropyle, plus épaisse à droite, correspondant à l'une des ailes; *c*, micropyle; *d*, sommet du nucelle.

Fig. 7. Coupe longitudinale de la base de la même graine (même grossissement). — *a*, endotesta; *b*, sarcotesta; *d*, chalaze avec son faisceau vasculaire; *e*, membrane externe du nucelle; *f*, membrane interne ou périspermique ?.

Fig. 8. Coupe transversale de la moitié de la même graine détachée entre les deux coupes longitudinales précédentes (même grossissement). — *a*, endotesta; *b*, couche externe du testa se détachant de l'interne; *c*, une des trois ailes; *e*, membranes du nucelle.

Fig. 9-11. — Ptychotesta.

Fig. 9. *Ptychotesta tenuis*. Cassure longitudinale de cette graine, grossie 2 fois, dans laquelle deux des ailes *a a* sont divisées par le milieu, et une troisième *a'* montre son origine interne. L'intérieur de la graine manque, on n'en voit que quelques restes en *b*; une fracture transversale a permis de reconnaître sa nature.

Fig. 10. Coupe transversale d'un autre échantillon grossi 2 fois. — *a*, testa formant par ses replis six ailes obtuses à l'extrémité; *b*, nucelle.

Fig. 11. Une des ailes coupée transversalement, grossie 6 fois.

Fig. 12-14. — Hexapterospermum.

Fig. 12. *Hexapterospermum stenopterum*. Coupe transversale grossie 3 fois. — *a*, endotesta se prolongeant en six ailes *a'*; *b*, exotesta ne se prolongeant pas dans les ailes; *c*, membrane du nucelle; *d*, membrane du périsperme.

Fig. 13. Coupe longitudinale de la région micropylaire (même grossissement). — *a*, endotesta; *b*, exotesta; *c*, canal micropylaire prolongé et entouré par le tissu de l'exotesta.

Fig. 14. *Hexapterospermum pachypterum*. Coupe transversale grossie 3 fois. — *a*, testa homogène offrant six crêtes longitudinales épaisses, dont trois paraissent se diviser par le milieu.

PLANCHE 23.

Fig. 1-3. — Polypterospermum.

Fig. 1. *Polypterospermum Renaultii*. Coupe transversale de grandeur naturelle.

Fig. 2. Portion de la coupe transversale du testa et des ailes grossie 6 fois. — *a*, endotesta; *b*, exotesta se prolongeant dans les ailes longues et aiguës correspondant aux angles de l'hexagone et dans les ailes plus courtes et tronquées occupant le milieu des faces de l'hexagone.

Fig. 3. Coupe longitudinale de la moitié supérieure de cette graine, grossie 4 fois. — *a*, endotesta se prolongeant supérieurement dans le tube micropylaire *c*; *b*, exotesta et portion d'une des ailes principales divisée en bandes de cellules allongées, libres ou réunies; *d*, nucelle et membrane extérieure *d'*, se terminant supérieurement en une sorte de cloche *e* ouverte du côté du micropyle et contenant une masse granuleuse (pollinique ?); *f*, sac périspermique.

Fig. 4-5. — ERIOTESTA.

Fig. 4. *Eriotesta octogona*. Coupe transversale d'une portion de la graine présentant trois côtés de l'octogone; grossie 4 fois. — *a*, testa recouvert dans toute son étendue de poils plus longs aux angles de l'octogone ; *c*, reste de la membrane du nucelle.

Fig. 5. Portion du testa et des poils qui le recouvrent, grossis 30 fois. — *a*, endotesta ; *b*, zone extérieure moins dense du testa ; *c*, poils serrés simples qui font suite aux cellules de l'exotesta.

Fig. 6-8. — POLYLOPHOSPERMUM.

Fig. 6. *Polylophospermum stephanense*. Coupe longitudinale passant par l'axe de la graine, grossie 2 fois. — *a*, testa de la graine montrant l'endotesta et l'exotesta souvent en partie détruit et restitué ; *b*, membrane du nucelle naissant du pourtour de la chalaze *c* et se terminant par le sommet micropylaire *d*; *e*, membrane du sac périspermique ; *f*, axe vasculaire prolongeant la chalaze ; *g*, prolongements inférieurs des crêtes principales du testa ; *h*, tube micropylaire continuant l'endotesta ; *i*, prolongement supérieur du testa formant une sorte de cupule au-dessus de la graine.

Fig. 7. Coupe transversale de cette graine, grossie 4 fois. — *a*, testa avec ses six crêtes principales *a'* correspondant aux angles de l'hexagone et ses six crêtes secondaires *a''* occupant le milieu des faces ; *b*, exotesta souvent en partie détruit par des radicelles étrangères *c*; *d*, membranes du nucelle et du sac périspermique.

g. 8. Coupe longitudinale de la région micropylaire, grossie 4 fois. — *a*, testa et origine de son micropyle ; *b*, sommet du nucelle avec son mamelon terminal.

Fig. 9-12. — CODONOSPERMUM.

Fig. 9. *Codonospermum anomalum* vu par sa surface externe, tel qu'il se présente dans la roche brisée, montrant les huit angles qui naissent du sommet conique du micropyle et une partie du prolongement inférieur qui s'étend au-dessous de la graine.

Fig. 10. Coupe longitudinale, grossie 2 fois, de la graine sans son prolongement inférieur. — *a*, testa entourant complétement la graine et présentant en *a'* le commencement de ce prolongement ; *b*, micropyle ; *c*, chalaze se continuant en un faisceau vasculaire entouré par un tube faisant suite au testa et s'épanouissant en un disque vasculaire au-dessous du nucelle ; *d*, membrane du nucelle donnant naissance supérieurement à une zone cellulaire qui entoure une cavité s'ouvrant supérieurement sous le micropyle et renfermant des grains de pollen ; *e*, membrane circonscrivant le périsperme altéré et un espace vide peut-être occupé par l'embryon.

Fig. 11. Prolongement inférieur de la graine, le plus souvent déformé et brisé par la compression, restitué d'après diverses préparations, présentant en *a a* deux des huit crêtes internes qui paraissent s'étendre à l'intérieur de cette cavité, en *b* l'origine de l'axe occupé par le faisceau vasculaire chalazien, et en *c* la chalaze elle-même.

Fig. 12. Coupe transversale de cette région très-près de sa base, montrant les huit faisceaux fibreux, prolongements du testa, qui l'entourent, et qui, d'après l'examen de l'extérieur de la graine, devaient être unis par un tissu cellulaire détruit ainsi que les parties intérieures.

Fig. 13-15. — STEPHANOSPERMUM.

Fig. 13. *Stephanospermum akenioides* coupé longitudinalement, de grandeur naturelle.

Fig. 14. Le même, grossi 4 fois.— *a*, testa avec la coupe de son prolongement supérieur en forme de couronne *a'*; *b*, chalaze et son faisceau vasculaire; *c*, micropyle tubuleux en forme de bec; *e*, membrane du nucelle naissant de la chalaze et se terminant supérieurement par une zone celluleuse entourant un espace vide renfermant souvent des granules polliniques; *f*, membrane du sac périspermique avec traces de périsperme altéré.

Fig. 15. Coupe transversale de ces graines. — *a*, testa uniforme sans trace de carènes ni de sutures; *b*, membrane du nucelle.

Fig. 16-18. — ÆTHEOTESTA.

Fig. 16. *Ætheotesta subglobosa.* Coupe longitudinale de la région micropylaire, grossie 2 fois. — *a*, testa; *b*, partie supérieure du testa développé en une caroncule cellulaire lâche entourant le micropyle; *c*, membrane du nucelle terminé par son mamelon micropylaire; *d*, reste du sac périspermique.

Fig. 17. Coupe longitudinale de la partie inférieure d'une autre graine, grossie 2 fois. — *a*, testa; *b*, excroissance arilliforme formée d'un tissu cellulaire lâche et lacuneux; *c*, nucelle rétracté complet avec son sommet micropylaire et la cavité sous-micropylaire contenant quelques grains de pollen; un de ces grains à surface aréolée, grossi 2 fois.

Fig. 18. Coupe transversale d'une de ces graines, grossie 2 fois.— *a*, testa; *b*, membrane du nucelle contractée et déplacée.

DE

L'INFLUENCE DU TERRAIN SUR LA VÉGÉTATION

Par M. Ch. CONTEJEAN

Professeur à la Faculté des sciences de Poitiers.

Sous toutes les latitudes, à tous les niveaux, les plantes affectent des groupements particuliers, ou, en d'autres termes, présentent des associations d'espèces qui paraissent dépendre de la nature du sol. Quel que soit le genre de station, la flore du granite n'est pas la même que celle du calcaire, et diffère également de celle de l'argile ou du basalte désagrégé. Le contraste est surtout remarquable entre la silice et le calcaire, et toutes les fois que ces deux sols arrivent en contact, on voit les plantes caractéristiques de chacun d'eux s'arrêter à la ligne de démarcation des terrains sans jamais empiéter au delà. Les moindres pointements granitiques, les plus petits lambeaux feldspathiques ou siliceux, transportés par les courants diluviens au milieu du calcaire, se reconnaissent immédiatement à leur végétation. Il est d'ailleurs inutile d'insister sur tous ces faits, signalés depuis longtemps en grand nombre, et qui prouvent que les plantes se montrent au moins aussi exclusives pour le terrain que pour le climat.

Si l'on cherche à se rendre compte de cet état de choses, il vient naturellement à la pensée que le terrain agit en raison des éléments chimiques dont il se compose, et que les plantes du granite exigent la silice, de même que celles du calcaire exigent le carbonate de chaux. Ce qui donne à cette manière de voir une grande apparence de probabilité, c'est que la végétation maritime, qui est tout aussi spéciale que celle du granite ou du calcaire, se trouve étroitement renfermée dans la zone littorale

accessible à l'eau salée. Les plantes maritimes (1) contiennent toutes des quantités notables de sels à base de soude; leur existence est si étroitement liée à la présence du chlorure de sodium, que nous les retrouvons dans l'intérieur des continents, à plusieurs centaines de lieues des mers, autour des efflorescences et des sources salines. Il est donc bien évident que l'action chimique devient ici prépondérante, exclusive; elle paraît annuler celle du sol, puisque les mêmes espèces maritimes se rencontrent presque indifféremment sur le sable, sur le calcaire, sur le granite.

Mais l'évidence n'est pas aussi manifeste quand il s'agit des plantes terrestres. On trouve fort peu de roches feldspathiques, et même fort peu de roches siliceuses qui ne renferment des traces de chaux, comme aussi on ne connaît guère de calcaires ou de dolomies absolument exempts de silice. Il en résulte que sur la plupart des terrains, les végétaux rencontrent les principes chimiques dont ils ne peuvent se passer. Quelque minime qu'en soit la proportion, ils savent merveilleusement les extraire et se les approprier, en cela comparables à certaines glandes, les reins, par exemple, qui éliminent du sang les matières azotées que la chimie est impuissante à découvrir. Cette aptitude à l'assimilation est telle, que, dans le cas particulier, les analyses chimiques des plantes servent peu, car elles donnent rarement des résultats contrastants, les mêmes espèces accusant à peu près une égale teneur en silice, en sels de chaux, de potasse, en phosphates, etc., qu'elles se soient développées sur le granite ou dans tout autre milieu. Les Graminées de la tourbe ou du calcaire sont aussi riches en silice que celles des sols feldspathiques, et les concrétions minérales qui garnissent les dentelures des feuilles du *Saxifraga Aizoon* (2) sont également développées et également effervescentes avec les acides, que la

(1) Je distingue la flore *maritime*, dont les espèces croissent dans l'air et sur les rivages, de la flore *marine*, dont les espèces croissent à des profondeurs diverses sous l'eau salée, et qui ne se compose guère que d'Algues.

(2) Dans ce mémoire je ne ferai pas suivre le nom de l'espèce de celui du botaniste qui l'a dénommée, car il ne s'agit ici que de plantes bien connues.

plante provienne des crêts coralliens du Jura ou des rochers granitiques du Saint-Gothard. Cependant la croyance à l'action chimique du terrain s'empare d'autant plus volontiers de notre esprit, que la pratique agricole fournit de nouveaux arguments en faveur de cette manière de voir. Sur le granite et les schistes cristallins, on ne peut cultiver les céréales avec profit qu'après avoir fourni à la terre, par l'opération du chaulage, la quantité de calcaire dont elles ont besoin. Au contraire, le Châtaignier, le Seigle, le Sarrasin s'accommodent du plus maigre sol siliceux. Sur toute espèce de roche, la couche arable s'épuise rapidement, et ne peut être exploitée, d'une manière permanente, qu'à l'aide d'assolements ou d'amendements, qui donnent aux principes chimiques indispensables le temps de se reconstituer peu à peu ou qui les introduisent directement dans le sol. On connaît aussi toute une catégorie de plantes qui ne prospèrent qu'au pied des murs et dans le voisinage des fumiers, et qui recherchent évidemment les sels ammoniacaux dont les stations de ce genre sont imprégnées.

Cependant, quoique la plupart des auteurs accordent à la nature chimique du terrain une influence prépondérante et souvent exclusive, il y a nombre de dissidents. Mon intention n'étant pas de traiter le sujet *ex professo*, je me dispenserai d'énumérer les théories plus ou moins ingénieuses émises à différentes époques, et de passer en revue les travaux des botanistes qui ont écrit sur la matière. Qu'il me suffise de rappeler que ces derniers appartiennent à deux écoles diamétralement opposées : les uns admettant l'influence chimique prépondérante ; les autres soutenant que le sol agit principalement en raison de son état physique et de son mode mécanique de désagrégation.

Le plus célèbre des champions de l'influence physique est certainement Jules Thurmann. Le premier il formula une théorie nette et précise, s'adaptant à toutes les éventualités, se prêtant à toutes les exigences. Aussi son livre (1) eut-il un grand

(1) *Essai de phytostatique appliquée à la chaîne du Jura et aux contrées voisines, etc.*, 2 vol. in-8°. Berne, 1849.

succès. Longtemps partisan des idées de mon illustre ami, j'entrai moi-même dans la lice (1), et je soutins la nouvelle théorie avec l'ardeur qui procède à la fois d'une conviction sincère et de l'ascendant bien naturel qu'exerce toujours un maître respecté. Cependant le premier enthousiasme affaibli, je ne tardai pas à remarquer, même dans le pays de Montbéliard, certains faits qui cadraient mal avec la théorie de Thurmann. Quelques-unes de mes anciennes observations me parurent susceptibles d'une interprétation différente de celle que je leur avais donnée ; plusieurs points faibles furent relevés par divers auteurs dans la *Phytostatique* ; enfin, mes études subséquentes dans presque toute la France, et notamment dans le plateau central, ébranlèrent peu à peu mes anciennes convictions, et, finalement, les modifièrent de fond en comble. Ayant peu vu, je croyais à l'influence physique du terrain ; ayant observé davantage, je suis devenu partisan de l'opinion contraire.

En m'exprimant ainsi, je n'entends nullement déprécier les remarquables travaux de Thurmann. Quelle que soit la solution définitive du problème, l'*Essai de phytostatique* n'en restera pas moins une œuvre magistrale, remplie des vues les plus élevées. Comme l'a dit Kirschleger (2), c'est « une mine inépuisable » de renseignements relatifs au climat, à l'hydrographie, à la géologie générale, à l'agriculture, à la statistique botanique du Jura et des contrées voisines ; et la deuxième partie (*Énumération*) est, encore aujourd'hui, le catalogue le plus complet qui existe des plantes de toutes ces régions. Si mon opinion vient à prévaloir sur celle de Thurmann, le fond même de sa doctrine sera plutôt modifié que bouleversé. Cet éminent auteur accordait à l'influence physique du sol le rôle prépondérant ; mais il admettait aussi l'influence chimique, tout en la reléguant au

(1) *Remarques sur la dispersion des plantes vasculaires relativement aux roches sous-jacentes, etc.*, dans les *Actes de la Société helvétique des sciences naturelles,* 38ᵉ session. Porentruy, 1853, p. 189. — *Énumération des plantes vasculaires des environs de Montbéliard*, dans les *Mémoires de la Société d'émulation du Doubs*, 2ᵉ série, t. IV et V. Besançon, 1853 et 1854.

(2) Voyez l'appréciation des travaux de J. Thurmann par Fr. Kirschleger, dans sa *Flore d'Alsace*, t. II, p. LXXXIV. Strasbourg, 1857.

second rang. Je pense, au contraire, qu'il faut la mettre au premier rang : telle est l'unique différence qui nous sépare. Je dois ajouter que Thurmann n'a jamais regardé sa théorie comme une solution absolue et définitive. Il ne donne son livre que comme un *Essai*, soumis au contrôle de tous, et sur lequel il appelle la discussion. A différentes reprises, il a tracé la marche à suivre pour entreprendre de nouvelles recherches, et rédigé des instructions (1) qui devaient servir de guide aux botanistes dont il réclamait le concours.

J'entrerai en matière en exposant d'une manière sommaire la théorie de Thurmann.

Cet auteur dit que le sol agit en raison de son état physique et de son mode mécanique de désagrégation, et nullement en raison de sa composition chimique et minéralogique (2). Si les espèces de la silice accompagnent obstinément les terrains quartzeux et feldspathiques ; si les plantes du calcaire sont tout aussi localisées, c'est parce que les roches siliceuses produisent, en se désagrégeant, un sol meuble, humide et profond, et que les roches calcaires demeurent à peu près intactes, et ne donnent qu'un sol superficiel, maigre et desséché. Le plus souvent un mode de désagrégation constant correspond à une composition minéralogique particulière, de sorte que la manière d'être physique des roches se trouve dissimulée par leur nature chimique, et qu'on attribue toute influence à cette dernière. Mais il arrive aussi que la même roche se montre tantôt dure et compacte, tantôt friable et profondément altérée. Alors on trouve les plantes prétendues siliceuses sur la roche désagrégée, et les plantes prétendues calcaires sur la même roche compacte. Toutes les fois que les terrains siliceux se trouvent accidentellement massifs et résistants, ils ont la flore du calcaire ; et si le calcaire devient

(1) *De la marche à suivre dans l'étude de la dispersion des espèces végétales relativement aux roches sous-jacentes*, dans les *Actes de la Société helvétique des sciences naturelles*, 38e session. Porentruy, 1853, p. 169.

(2) Il n'est ici question que d'influence prépondérante, Thurmann reconnaissant aussi l'action chimique du terrain, notamment pour la flore maritime, et pour celle des lieux azotés, riches en sels d'ammoniaque.

sableux et détritique, il nourrit la flore de la silice. Telle est, en peu de mots, la théorie ; mais je dois compléter ce premier aperçu par des détails plus circonstanciés.

D'après Thurmann, la désagrégation naturelle des roches a lieu de deux manières différentes. Dans le premier cas, elle ne s'effectue qu'à l'extérieur, et réduit la surface attaquée en une fine poussière. Il peut bien arriver que la roche se fende en tous sens et se divise en morceaux de divers formats ; mais chacun de ces fragments se trouve isolément soumis à la désagrégation pulvérulente superficielle, dont le résultat définitif est une substance terreuse fort ténue, qui se trouve alors mêlée à des débris anguleux de toute grosseur. Dans le second cas, la décomposition extérieure peut être considérée comme nulle, mais la division fragmentaire profonde, portée à un plus haut degré, produit, en dernier lieu, de petites parcelles grenues, désormais indivisibles, et qui échappent à la décomposition terreuse. Des sables meubles sont le résultat de ce mode particulier de désagrégation. Thurmann appelle les roches de la première catégorie *pélogènes*, et nomme leur détritus *pélique* ; il appelle celles de la seconde catégorie *psammogènes*, et nomme leur détritus *psammique*.

Toutes les roches ne sont pas décomposables au même degré. Les unes résistent presque indéfiniment à l'influence des agents atmosphériques; après une longue suite de siècles, elles offrent à peine quelques traces d'altération. Leur détritus pélique ou psammique est donc à peu près nul. Elles sont appelées, suivant le cas, *oligopéliques*, *oligopsammiques*. Quand les roches fournissent un détritus abondant, on les nomme *perpéliques*, *perpsammiques*. Celles qui ont une tendance moyenne à la désagrégation forment la catégorie des roches *hémipéliques*, *hémipsammiques*. Les roches qui se désagrégent facilement sont désignées, d'une manière générale, sous le nom d'*eugéogènes*, et celles qui résistent énergiquement à la décomposition sont appelées *dysgéogènes*. Il existe enfin des roches dont la désagrégation est à la fois pélique et psammique : elles sont dites *pélopsammogènes*, et leur détritus porte le nom de *pélopsammique*.

Le tableau suivant, extrait de la *Phytostatique*, résume cette nomenclature :

Roches
- *pélogènes*...
  - parfaites : *perpéliques*. Marnes oxfordiennes, liasiques, argiles du keuper, limons, etc.
  - moyennes : *hémipéliques*. Calcaires marno-compactes, conchyliens, kelloviens, liasiques, etc.
  - imparfaites : *oligopéliques*. Calcaires jurassiques compactes, certains porphyres, certains basaltes.
- *psammogènes*
  - parfaites : *perpsammiques*. Sables quartzeux, certains grès vosgiens, certaines dolomies sableuses.
  - moyennes : *hémipsammiques*. Mollasse, certaines grauwackes, certains calcaires saccharoïdes.
  - imparfaites : *oligopsammiques*. Certains granites, certaines grauwackes, certaines dolomies.
- *pélopsammogènes*. Limons graveleux, alluvions, porphyres quartzifères hémipéliques, granites kaoliniques.

Toutes ces roches sont loin de posséder à un égal degré la faculté d'absorber les liquides. Les calcaires, les basaltes, les porphyres compactes, en un mot les roches dysgéogènes, ne se laissent imbiber que très-difficilement ; après un séjour longtemps prolongé dans l'eau, elles n'augmentent pas sensiblement de poids. Emporté par les vents et par les pluies, le détritus qu'elles produisent n'a que peu d'épaisseur, et souvent fait complétement défaut ; tandis que les roches eugéogènes, telles que sables, grès, granites, argiles, etc., absorbent l'eau avec une grande facilité, et donnent naissance à un sol meuble et profond.

La perméabilité en grand a lieu d'une manière inverse. Les calcaires jurassiques et la plupart des roches stratifiées dysgéogènes sont fissurés dans tous les sens. Extrêmement nombreuses, les fentes traversent les bancs dans toute leur épaisseur, et ne s'arrêtent qu'aux assises marneuses intercalées, quand il s'en présente. Au contraire, les roches massives eugéogènes, les argiles, certains grès, ne sont point morcelés par de grandes fissures, et n'offrent, au-dessous de la surface désagrégée, que des masses compactes plus ou moins sillonnées de petites fentes peu profondes, au delà desquelles les liquides ne peuvent pénétrer. Il en résulte que les sols dysgéogènes sont plus secs que les sols eugéogènes. Sur les premiers, les eaux des pluies, absorbées par les grandes fissures verticales, se réunissent en ruisseaux

souterrains à la rencontre des assises marneuses imperméables, et viennent jaillir à la surface du sol dans les vallées où affleure la tranche de ses assises. L'eau pluviale séjourne beaucoup plus longtemps dans les sols eugéogènes, où la couche superficielle désagrégée est fort épaisse; arrivée aux massifs compactes, qu'elle ne peut traverser, elle circule à leur surface, et finit par jaillir à l'extérieur, dans les dépressions, en une multitude de petits filets, qui donnent naissance à des sources et à des ruisseaux. Les sols eugéogènes sont, par conséquent, fort humides et abondamment arrosés.

Le contraste n'est pas moins remarquable entre la flore des terrains eugéogènes et celle des terrains dysgéogènes. Sur les premiers, on voit prédominer les espèces des stations fraîches et ombragées : la végétation présente un caractère plus boréal ; elle est plus luxuriante ; les familles inférieures se trouvent en plus forte proportion ; il y a beaucoup de plantes annuelles ; les espèces sociales sont plus répandues, et la flore, en général, semble échapper davantage à l'influence de l'altitude et de la station. Sur les terrains dysgéogènes, les plantes herbacées restent plus courtes et plus rabougries, mais elles sont plus robustes ; les espèces vivaces deviennent nombreuses ; les familles supérieures prédominent ; il y a moins de mobilité en ce qui concerne l'altitude et la station ; la flore est plus méridionale. D'après Thurmann, ce contraste a pour cause essentielle l'état physique et le mode de désagrégation des roches sous-jacentes, d'où résultent les différences qu'on observe dans la profondeur et l'humidité du sol. En conséquence, il établit deux classes de plantes : les unes, particulières aux terrains eugéogènes, ou plantes *hygrophiles ;* les autres, préférant les terrains dysgéogènes, ou plantes *xérophiles*. Il donne la liste des hygrophiles et des xérophiles les plus répandues dans son champ d'étude, et les divise en *hygrophiles en général*, *hygrophiles plus psammiques*, *hygrophiles plus péliques*, *xérophiles préférentes*, *xérophiles plus adhérentes*. Il admet, d'ailleurs, des *hygrophiles pélopsammiques*, et donne le nom d'*ubiquistes* aux plantes qui croissent indifféremment sur tous les terrains.

Telle est la conception de Thurmann dans ses principaux détails. Pour choisir entre cette théorie et celle de l'influence chimique prépondérante, la marche à suivre est d'examiner le plus grand nombre possible de faits de dispersion végétale, et de voir laquelle des deux hypothèses en donne l'explication la plus naturelle. C'est ainsi qu'ont procédé Thurmann et ses adversaires ; c'est ainsi que je ferai moi-même. Afin que le lecteur puisse suivre la discussion sans trop de fatigue, je désignerai préalablement les plantes qui me paraissent caractériser, les unes les terrains siliceux, les autres les terrains calcaires.

Les caractéristiques des terrains siliceux (granites, syénites, schistes cristallins, porphyres, trachytes, phonolites, grès quartzeux ou feldspathiques, et, en général, roches feldspathiques et autres qui ne renferment pas de calcaire) sont les suivantes :

Ranunculus hederaceus, *Myosurus minimus*, *Corydallis claviculata*, *Sinapis Cheiranthus*, *Teesdalia nudicaulis*, *T. Lepidium*, *Polygala depressa*, *Silene rupestris*, *Spergula pentandra*, *S. arvensis*, *Arenaria rubra*, *Mœnchia erecta*, *Radiola linoides*, *Hypericum humifusum*, *H. pulchrum*, *Drosera rotundifolia*, *Ulex europæus*, *U. nanus*, *Sarothamnus scoparius*, *Genista purgans*, *Ornithopus perpusillus*, *O. compressus*, *Potentilla argentea*, *Agrimonia odorata*, *Montia rivularis*, *M. minor*, *Illecebrum verticillatum*, *Corrigiola littoralis*, *Scleranthus perennis*, *Bunium denudatum*, *Meum athamanticum*, *Selinum Carvifolia*, *Hydrocotyle vulgaris*, *Chrysosplenium oppositifolium*, *Cotyledon Umbilicus*, *Saxifraga stellaris*, *Galium saxatile*, *Arnica montana*, *Filago minima*, *Artemisia campestris*, *Senecio adonidifolius*, *Centaurea nigra*, *Arnoseris minima*, *Hypochœris glabra*, *Jasione montana*, *J. perennis*, *Myosotis versicolor*, *Calluna vulgaris*, *Erica cinerea*, *E. scoparia*, *Vaccinium Myrtillus*, *V. uliginosum*, *Digitalis purpurea*, *Galeopsis ochroleuca*, *Rumex Acetosella*, *Castanea vulgaris*, *Betula alba*, *Juncus squarrosus*, *J. supinus*, *J. Tenageia*, *Luzula spadicea*, *Rhynchospora alba*, *Scirpus ovatus*, *Carex stellulata*, *C. remota*, *Aira flexuosa*, *A. caryophyllea*, *A. præcox*, *A. canescens*, *Anthoxanthum Puellii*,

Poa sudetica, *Festuca pseudo-myuros*, *Nardurus Lachenalii*, *Nardus stricta*, *Osmunda regalis*, *Pteris aquilina*, *Asplenium septentrionale*, *A. Breynii*, *A. lanceolatum*.

Les caractéristiques des terrains calcaires, ou des terrains qui renferment du calcaire (roches pyroxéniques décomposées, grès siliceux à ciment calcaire, sables coquilliers, etc), sont les suivantes :

Thalictrum aquilegifolium, *Helleborus fœtidus*, *Arabis alpina*, *Draba aizoides*, *Kernera saxatilis*, *Dentaria pinnata*, *Helianthemum Fumana*, *H. pulverulentum*, *Polygala calcarea*, *Mœhringia muscosa*, *Saponaria Ocymoides*, *Dianthus cæsius*, *Hypericum hirsutum*, *Acer opulifolium*, *Rhamnus alpinus*, *Ononis Natrix*, *O. Columnæ*, *Coronilla Emerus*, *C. vaginalis*, *C. minima*, *Anthyllis Vulneraria*, *Hippocrepis comosa*, *Astragalus Monspessulanus*, *Orobus vernus*, *Prunus Mahaleb*, *Cotoneaster tomentosa*, *Sedum anopetalum*, *Trinia vulgaris*, *Athamanta cretensis*, *Bupleurum falcatum*, *Laserpitium Siler*, *Chrysocoma Linosyris*, *Aster Amellus*, *Bellidiastrum Michelii*, *Conyza squarrosa*, *Inula montana*, *Achillea nobilis*, *Carduus defloratus*, *Carduncellus mitissimus*, *Hieracium Jacquini*, *Campanula pusilla*, *Cynanchum Vincetoxicum*, *Gentiana cruciata*, *Lithospermum purpureo-cæruleum*, *Verbascum Lychnitis*, *Digitalis lutea*, *Erinus alpinus*, *Calamintha officinalis*, *Stachys recta*, *Prunella grandiflora*, *Teucrium Chamædrys*, *T. montanum*, *Globularia vulgaris*, *Rumex scutatus*, *Daphne Laureola*, *D. alpina*, *Euphorbia verrucosa*, *Buxus sempervirens*, *Mercurialis perennis*, *Orchis hircina*, *O. pyramidalis*, *Ophrys muscifera*, *O. anthropophora*, *Epipactis rubra*, *Crocus vernus*, *Anthericum ramosum*, *Carex humilis*, *C. gynobasis*, *C. ornithopoda*, *C. alba*, *Phleum Bœhmeri*, *Stipa pennata*, *Lasiagrostis Calamagrostis*, *Sesleria cærulea*, *Kœleria setacea*, *Melica uniflora*, *M. ciliata*, *Asplenium viride*, *A. Halleri*, *Polypodium calcareum*.

Je dois faire observer tout de suite que les plantes spéciales à la silice et au calcaire ne sont pas toutes renfermées dans ces deux listes, et que les 80 espèces portées dans chacune d'elles ne sont pas caractéristiques à un égal degré. Les *Hypericum humi-*

fusum, *H. pulchrum*, *Potentilla argentea*, *Filago minima*, *Artemisia campestris*, *Jasione montana*, *Myosotis versicolor*, *Calluna vulgaris*. *Vaccinium Myrtillus*, *Rumex Acetosella*, *Betula alba*, *Festuca pseudo-myuros*, *Pteris aquilina*, etc., se rencontrent de loin en loin sur des affleurements argileux ou marneux, et les *Meum Athamanticum*, *Chrysosplenium oppositifolium*, *Arnica montana*, *Poa sudetica*, ont quelques rares habitats dans les chaînes élevées du Jura. Mais ce sont là des faits d'exception. Les plantes observées accidentellement en dehors de leur milieu naturel y végètent misérablement ou ne s'y maintiennent pas; et les *Meum*, *Chrysosplenium*, *Arnica*, *Poa sudetica* du Jura restent ordinairement de petite taille. Il y aurait, d'ailleurs, à voir si ces quatre espèces ne croissent pas dans du terreau noir qui ne fait pas effervescence avec les acides. Les plantes de nos deux listes n'en sont pas moins d'excellentes caractéristiques, surtout lorsqu'on en trouve plusieurs ensemble dans le même lieu, ce qui est, de beaucoup, le cas le plus fréquent.

Toutes ces réserves s'appliquent également aux plantes du calcaire, dont un grand nombre se rencontrent sur d'autres sols, et qui paraissent moins spéciales que celles de la silice. J'indiquerai bientôt les causes de cette plus grande mobilité, et je prouverai qu'elle n'est qu'apparente.

Je dirai enfin que si mes listes ne sont pas identiques à celles de Thurmann, c'est que j'ai dû choisir des espèces répandues dans l'ensemble de mon champ d'étude, qui comprend toute la France, moins les hautes montagnes et la région méditerranéenne; tandis que Thurmann n'avait en vue que les chaînes jurassiques et les contrées immédiatement avoisinantes.

Je reprends maintenant la discussion.

D'après Thurmann, les plantes du granite, des schistes cristallins, etc., ne préfèrent pas la silice, mais recherchent les sols eugéogènes psammiques. Elles appartiennent toutes à la catégorie des hygrophiles psammiques et pélopsammiques. De même, les plantes du calcaire ne préfèrent pas le carbonate de chaux, mais exigent des sols dysgéogènes. Elles appartiennent toutes à la catégorie des xérophiles oligopéliques. En fait, la liste

que j'ai donnée des plantes de la silice correspond exactement à la liste des espèces des sols eugéogènes, et la liste des plantes du calcaire est, à peu de chose près, la reproduction de celle des espèces des sols dysgéogènes. Il semble donc difficile de choisir, à priori, entre les deux hypothèses. Essayons néanmoins de nous former une opinion.

Les faits les plus significatifs invoqués à l'appui de la théorie de Thurmann sont les suivants :

1° Dans le centre et surtout dans le midi de la France, beaucoup des caractéristiques du calcaire se trouvent également sur les roches siliceuses, telles que granite, schistes cristallins, grès et même sables quartzeux ; elles s'accommodent de stations de plus en plus eugéogènes, à mesure qu'on s'avance dans le sud et qu'augmente la chaleur du climat. Cela prouve que ces espèces, qui appartiennent toutes à la classe des xérophiles, recherchent la sécheresse, et non l'élément calcaire.

2° Les tourbières du Jura ont la flore de la silice ; et cependant le sol est ici de nature végétale, et ne contient d'autre silice que celle qui provient des détritus des plantes elles-mêmes. Mais il est eugéogène au plus haut degré : donc, rien d'étonnant s'il nourrit une flore éminemment hygrophile.

3° Les plateaux qui forment la grande falaise où se termine le Jura au-dessus de Lons-le-Saulnier et de Saint-Amour, sont constitués par un calcaire oolithique, tantôt compacte, et caractérisé par la flore xérophile calcaire, tantôt désagrégé, et alors caractérisé par la flore hygrophile de la silice. Thurmann s'exprime ainsi (1) : « Une excursion dans le bois du Chânet et du » Biollet, à droite et à gauche du chemin de Thoissia, fera con- » naître ce qui se passe sur la falaise. En y montant par Vilette, » tant qu'on sera sur les calcaires compactes, on verra les espèces » sèches de notre région (d'altitude) moyenne ; mais, arrivé » sur les premiers accidents du plateau, on se trouvera immé- » diatement sur l'oolithique désagrégée et dans des bois de » *Quercus sessiliflora* dominant avec *Sarothamnus*, *Calluna*, *Aira*

(1) *Essai de phytostatique*, t. I, p. 261.

» *flexuosa*, *Stellaria Holostea*, *Festuca rubra*, *F. heterophylla*,
» *Luzula maxima*, *Orobus tuberosus*, *Genista germanica*, *Pteris*
» *Aquilina*, etc.... Si, en descendant sur Saint-Amour, par un
» chemin un peu différent, l'on visite en passant les petits crêts
» de l'Aubépin et d'Allonal, formés de roches compactes, on y
» trouvera de nouveau toute la végétation jurassique (xérophile
» ou du calcaire) : *Buxus*, *Cytisus*, *Aria*, *Helleborus*, *Rosa*
» *rubiginosa*, *Melica ciliata*, *Trifolium rubens*, *Teucrium Cha-*
» *mædrys*, *Euphorbia verrucosa*, *Seseli montanum*, *Linum tenui-*
» *folium*, *Dianthus silvestris*, etc., sans aucune des espèces con-
» trastantes des bois qu'on vient de quitter. » S'il en est ainsi, ce n'est point à la silice qu'est due la présence du *Sarothamnus* et des hygrophiles signalées par Thurmann, mais bien à l'état de désagrégation du calcaire, qui devient exceptionnellement eugéogène.

4° Dans les montagnes jurassiques de l'Albe de Wurtemberg, où la flore est xérophile, les affleurements de calcaire magnésien désagrégé et de calcaire sableux nourrissent les *Betula nana*, *Luzula albida*, *Arnica montana*, et même exceptionnellement le *Digitalis purpurea* et le *Sarothamnus scoparius*. Le *Betula* est surtout caractéristique : « Partout, dit Thurmann (1), cet
» arbre se trouve sur les calcaires saccharoïdes *magnésifères ou*
» *non ;* partout il disparaît subitement au passage sur les cal-
» caires compactes et marno-compactes... M. Fraas de Bahlin-
» gen, à qui j'avais signalé comme probable cette relation
» entre les couches psammogènes de l'Albe et la présence du
» Bouleau, l'a constatée récemment (1847) de la manière la plus
» positive. » S'il en est ainsi, ce fait de dispersion, à peu près identique au précédent, ne peut être expliqué que par l'hypothèse de l'influence physique du terrain.

5° J'ai signalé (2) à Chagey (Haute-Saône) un affleurement de porphyre, où j'ai vu : *Hypericum hirsutum*, *Astragalus Glycyphyllos*, *Origanum vulgare*, *Teucrium Chamædrys*, *Cala-*

(1) *Essai de phytostatique*, t. I, p. 235.

(2) *Énumeration des plantes vasculaires des environs de Montbéliard*. Introduction, p. 70.

mintha officinalis, *Melittis Melissophyllum*, *Daphne Mezereum*, *Epipactis ensifolia*, *Carex digitata*. Quoique nombre d'espèces de la silice (et notamment le *Sarothamnus*) existent aussi dans le voisinage, on peut citer ce groupement de plantes du calcaire sur des roches éminemment siliceuses, comme une preuve de plus à l'appui de la théorie de Thurmann.

6° L'exemple le plus remarquable, celui qui paraît le plus concluant en faveur de la même théorie, est fourni par le Kaiserstuhl. C'est un groupe de collines peu élevées, situées dans le pays de Bade entre le Rhin et la Forêt-Noire, à quelques lieues de Fribourg, et isolées de toute part au milieu des alluvions siliceuses de la vallée. La roche qui constitue le massif principal est une dolérite plus ou moins porphyroïde, composée de pyroxène, de feldspath Labrador et de fer titané. Elle est donc siliceuse. Cependant la flore est celle du calcaire. « Un botaniste un peu » habitué à la physionomie du Jura, dit Thurmann (1), ne » saurait manquer d'être frappé de l'extrême ressemblance que » la végétation offre en ce point avec la végétation jurassique, » surtout s'il vient à quitter la flore hercynienne. A peine sur les » dolérites, il verra réunis dans l'espace de quelques pas, les » *Prunella grandiflora*, *Stachys recta*, *Asperula Cynanchica*, » *Verbascum Lychnitis*, *Picris hieracioides*, *Calamintha Acinos*, » *Conyza squarrosa*, *Dianthus carthusianorum*, *Helianthemum* » *vulgare*, *Betonica officinalis*, *Clinopodium vulgare*, *Brachypo-* » *dium pinnatum*, *Arrhenatherum elatius*, *Anthericum ramosum*, » *Ligustrum vulgare*, *Anthyllis Vulneraria*, *Cratægus Aria*, » *Pimpinella Saxifraga*, *Origanum vulgare*, *Cynanchum Vin-* » *cetoxicum*, *Sedum sexangulare*, *Rubus tomentosus*, *Genista* » *sagittalis*, *Coronilla varia*, *Teucrium Chamædrys*, *Campanula* » *glomerata*, *Trifolium rubens*, *Phleum Bœhmeri*, etc.; et cet » ensemble de plantes si jurassiques ne sera altéré que par » quelques plantes évidemment liées au contact des limons plus » ou moins graveleux, telles que : *Ononis spinosa*, *Artemisia* » *campestris*, etc. » J'ajouterai que, dans sa *Flore de Fri-*

(1) *Essai de phytostatique*, t. I, p. 239.

bourg, Spenner réunit le Kaiserstuhl à sa région calcaire. Il paraît donc bien évident que la présence d'une végétation toute xérophile au Kaiserstuhl est due à l'état dysgéogène des roches sous-jacentes et non à l'élément calcaire.

Ces six exemples sont tout ce que j'ai pu trouver de plus concluant. Thurmann rapporte un grand nombre d'autres faits ; mais ils ont moins de valeur, les contrastes ayant toujours lieu entre le calcaire, d'une part, et les argiles liasiques ou oxfordiennes, la mollasse, divers grès, les alluvions, le diluvium, d'autre part, tous terrains siliceux ou contenant beaucoup de silice. On peut donc affirmer que le fond de la théorie repose presque absolument sur les six exemples que je viens de mentionner. S'ils n'avaient pas été signalés, Thurmann n'aurait eu aucune raison d'inventer son ingénieuse hypothèse, puisque tous les faits de contraste à lui connus auraient eu lieu entre des roches calcaires et des roches siliceuses. Eh bien, je vais prouver que les six exemples ont été mal interprétés.

Mais, pour cela, je dois faire intervenir moi-même une nouvelle hypothèse. Je supposerai un instant que les plantes du calcaire exigent impérieusement le carbonate de chaux, et que les plantes de la silice le repoussent avec non moins d'énergie, sans avoir un besoin particulier de silice ou de toute autre substance minérale ; je supposerai, de même, que les plantes indifférentes sur la nature du terrain s'accommodent ou se privent de calcaire sans inconvénient.

Cela bien compris, j'interprète les six exemples de la manière suivante :

1° Si beaucoup de xérophiles (par exemple celles de la localité de Ligugé, dont il sera bientôt question) se trouvent, dans le midi de l'Europe, sur le granite et sur d'autres roches eugéogènes, cela prouve qu'elles appartiennent à la catégorie des indifférentes, et qu'on a eu tort de les mettre au nombre des caractéristiques du calcaire. Sous toutes les latitudes, à toutes les altitudes et quelle que soit la chaleur du climat, la flore de la silice et celle du calcaire sont spéciales et exclusives au même degré ; seulement il importe de bien choisir les caractéristiques.

C'est ce dont j'ai pu m'assurer dans une foule de localités des Alpes, de la Provence, des Pyrénées et du plateau central de la France ; notamment aux environs de Nice et de Toulon, en Auvergne, dans le Poitou, à la montagne du Sidobre, près de Castres, etc.

2° Il suffit que le sol tourbeux soit privé de calcaire (ce qui arrive toujours dans le Jura) pour que les plantes de la silice y prospèrent.

3° Je tiens de Michalet et de H. de Jouffroy, qui ont voulu contrôler les assertions de Thurmann, que les plantes hygrophiles de Lons-le-Saulnier et de Saint-Amour ne croissent pas sur le calcaire oolithique désagrégé, mais sur un diluvium argilo-sableux. C'est d'ailleurs ce que déclare Michalet dans son Catalogue des plantes du Jura (1). Il y a donc erreur d'observation ; les hygrophiles de Lons-le-Saulnier et de Saint-Amour sont simplement des ennemies du calcaire qui ont pris racine dans un sol où ce minéral n'existe pas (2).

4° Ne connaissant point les localités de l'Albe du Wurtemberg où croissent les plantes hygrophiles signalées par Thurmann, et trouvant insuffisants et peu précis les renseignements de la *Phytostatique*, je suis obligé, jusqu'à plus ample informé, de ne pas tenir compte de cet exemple. Je ferai pourtant remarquer que l'*Arnica montana*, le *Luzula albida* et même le *Betula* ne sont pas des caractéristiques exclusives de la silice, puisqu'ils ont des stations au milieu des chaînes du Jura, où le *Betula* est quelquefois

(1) *Histoire naturelle du Jura et des départements voisins*, t. II, BOTANIQUE, par E. Michalet, p. 126. Paris et Lons-le-Saulnier, 1864.

(2) Je n'ai point vu les localités du département du Jura, mais j'en ai trouvé d'analogues dans les environs de Montbéliard. Le calcaire oolithique des plateaux qui s'élèvent au-dessus de la vallée du Doubs, à Colombier-Fontaine, est recouvert de lambeaux d'un diluvium argilo-sableux où domine un sable siliceux très-fin, et qui renferme quelques grains de minerai de fer. Ce diluvium ne fait aucune effervescence avec les acides, et n'accuse aucune trace de calcaire. Il se reconnaît de loin aux touffes de *Sarothamnus* qui le recouvrent entièrement, et qui forment comme une bruyère épaisse, contrastant singulièrement avec la flore toute jurassique des plateaux environnants. On rencontre aussi çà et là les *Calluna vulgaris*, *Rumex Acetosella*, *Hypericum humifusum*, *Gypsophila muralis*, *Filago germanica*, sur de petits lambeaux diluviens disséminés dans la direction de Villars-sous-Ecot.

planté sur les affleurements marneux. Restent le *Sarothamnus* et le *Digitalis*, qui me semblent ne pouvoir prospérer, le premier surtout, dans un terrain où existent les moindres traces de carbonate de chaux. Il faudrait donc déterminer avec le plus grand soin les conditions de leur gisement, et voir si le sol fait effervescence avec les acides. Lorsque, malgré son talent d'observation, Thurmann a pu être induit en erreur dans les localités toutes jurassiennes de Lons-le-Saulnier et de Saint-Amour, on est porté à se demander s'il n'en a pas été de même dans le Wurtemberg, qu'il avait exploré longtemps avant que sa théorie fût bien assise dans son esprit, et dont il ne parle, évidemment, que de souvenir.

5° Le petit massif porphyrique de Chagey, qui est aujourd'hui singulièrement écorné par la nouvelle route de Chenebier, se trouve en contact immédiat avec un calcaire devonien très-dur et très-dysgéogène. Il est d'ailleurs rempli de veines de calcaire spathique produisant une vive effervescence avec les acides, ainsi que me l'a montré feu le professeur Schnitzlein, d'Erlangen, que j'avais conduit dans cette localité. Les détritus font également effervescence. J. Kœchlin-Schlumberger, qui donne la coupe géologique du massif (1), considère la roche porphyrique comme un grès métamorphique stratifié, passant à un mélaphyre riche en feldspath Labrador, et renfermant des cristaux de pyroxène. Or ces deux minéraux produisent, en se décomposant, une quantité notable de carbonate de chaux, dont l'effet vient s'ajouter à celui du calcaire spathique qui remplit les fissures. Il y a donc une grande analogie entre le mélaphyre de Chagey et la dolérite du Kaiserstuhl, comme on le verra bientôt ; et, dans les deux localités, j'attribue au calcaire résultant de la décomposition de la roche la présence des plantes du calcaire.

6° D'après M. Parisot (2), « si l'on cherche quels sont les éléments constitutifs de la dolérite (du Kaiserstuhl) et quels

(1) *Le terrain de transition des Vosges*, par MM. J. Kœchlin-Schlumberger et W. Ph. Schimper, p. 3 et suiv. Strasbourg, 1862.

(2) *Bulletin de la Société botanique de France*, 1858, t. V, p. 539.

» sont les produits de sa désagrégation..., on voit : 1° qu'elle est
» composée de Labrador et de pyroxène, deux corps dans les-
» quels le silicate d'alumine est associé à des silicates terreux,
» à l'exclusion des combinaisons de silice et d'alcali ; 2° qu'en se
» décomposant par l'action de l'eau et de l'air, les silicates cal-
» caires sont transformés en carbonates, ce dont il est facile de se
» convaincre par la vive effervescence que produisent les acides
» sur la terre végétale dans toute l'étendue du Kaiserstuhl. Les
» dolérites agissant de la même manière que le calcaire juras-
» sique, et donnant, comme produit principal de leur décompo-
» sition le carbonate calcaire, qui est l'élément que les plantes
» calcaréophiles recherchent dans le sol, on ne doit pas s'étonner
» de la présence constante de ces plantes sur ce genre de roches. »

Ainsi se trouve réduit à néant le fait le plus capital invoqué à l'appui de la théorie de Thurmann. J'ajouterai que les assertions de M. Parisot ont pu être contrôlées par les membres de la Société botanique de France qui herborisèrent, sous sa direction, le 21 juillet 1858, dans les montagnes du Kaiserstuhl. M. Parisot m'a en outre affirmé que les plantes du calcaire sont principalement groupées dans les lieux où la dolérite se trouve le plus désagrégée.

On voit que la théorie de l'influence physique du terrain n'est pas sortie victorieuse de l'épreuve à laquelle nous venons de la soumettre. Les considérations et les faits qui vont suivre ne militent pas davantage en sa faveur.

1° Si nous examinons le fond même de la doctrine, en mettant de côté, autant que possible, toute idée préconçue, nous sommes surpris de voir que Thurmann n'indique point de roches dysgéogènes dans les sols quartzeux et feldspathiques. Il y a cependant des granites, des gneiss, des quartzites aussi rebelles à la désagrégation et aussi parfaitement inaltérables que les calcaires les plus durs; ils ne sont recouverts d'aucun détritus minéral, et les rares végétaux qui y prennent racine ne se rencontrent guère que dans les fissures de la roche, et se trouvent exactement dans les mêmes conditions que les espèces saxicoles des escarpements coralliens du Jura. Dans le cas particulier, ce

sont, incontestablement, des roches dysgéogènes par excellence, et cependant leur flore est celle de la silice. Évidemment la théorie se trouve ici en défaut. On a dit, il est vrai : ce granite n'a subi aucune désagrégation ; mais, s'il se décomposait, il donnerait un détritus arénacé ; il est donc eugéogène. A cela je réponds : mais en attendant que la désagrégation ait lieu, ce granite est dysgéogène.

Je le répète : les affleurements de granites, de gneiss, de porphyres dysgéogènes abondent dans le plateau central de la France ; il n'y a pas de botaniste qui ne les ait remarqués. Réellement embarrassé par le grand nombre des exemples à citer, je me bornerai à un seul, et je choisirai la tranchée du chemin de fer qui traverse le massif granitique de Ligugé, près de Poitiers. La roche n'a subi aucune altération dans la tranchée même, et sur une foule d'autres points elle est extrêmement dure et résistante. Sur la roche compacte on peut recueillir : *Sinapis Cheiranthus*, *Barbarea præcox*, *Spergula pentandra*, *Ulex europæus*, *Sarothamnus scoparius*, *Potentilla argentea*, *Cotyledon Umbilicus*, *Filago minima*, *F. germanica*, *Hypochæris glabra*, *Jasione montana*, *Digitalis purpurea*, *Asplenium septentrionale*, *A. Breynii*, *A. lanceolatum*, toutes espèces qui caractérisent au plus haut point les sols siliceux, et auxquelles se joignent, dans les endroits où la roche devient détritique et se transforme en une arène plus ou moins argileuse : *Teesdalia nudicaulis*, *T. Lepidium*, *Arenaria rubra*, *Mœnchia erecta*, *Montia minor*, *Sedum pentandrum*, *Centaurea nigra*, *Myosotis versicolor*, *Aira præcox*, *A. caryophyllea*, *Nardurus Lachenalii*, etc. On trouve encore, en grande abondance : *Arabis hirsuta*, *Silene nutans*, *Dianthus carthusianorum*, *Coronilla varia*, *Potentilla verna*, *Pimpinella Saxifraga*, *Seseli montanum*, *Sedum acre*, *S. album*, *Asperula Cynanchica*, *Andryala sinuata*, *Tolpis barbata*, *Carlina vulgaris*, *Kentrophyllum lanatum*, *Echium vulgare*, *Origanum vulgare*, *Stachys recta*, *Teucrium Scorodonia*, *Betonica officinalis*, etc., plantes indifférentes sur la nature du terrain, mais généralement xérophiles, et, partant, répandues sur tous les sols dysgéogènes, qu'ils soient calcaires ou granitiques. Plusieurs

sont même regardées comme de bonnes caractéristiques du calcaire.

2° Nous sommes également surpris que Thurmann ne cite aucune plante hygrophile sur le calcaire, quoique plusieurs, et notamment : *Ranunculus lanuginosus*, *Arabis alpina*, *Mœhringia muscosa*, *Bellidiastrum Michelii*, *Campanula pusilla*, se plaisent dans les lieux humides et sur les sols détritiques. Le *Mœhringia muscosa* du Jura, qui ne se rencontre jamais que près des ruisseaux et des cascades, recherche les stations aquatiques presque autant que le *Montia rivularis* des Vosges ou du Plateau central. Évidemment ces plantes sont hygrophiles. Si on ne les trouve jamais sur le granite et sur les roches siliceuses eugéogènes, c'est parce que ces roches les repoussent. En tout cas, l'état physique du sol et son degré d'humidité sont ici hors de cause.

3° On peut, en quelque sorte, vérifier directement l'antipathie des plantes de la silice pour le calcaire, sinon leur affinité pour la silice. Il est extrêmement difficile, et souvent impossible, de cultiver les caractéristiques siliceuses, et surtout le *Sarothamnus*, dans un sol qui renferme du carbonate de chaux. J'ai été le témoin des tentatives infructueuses de mon vieux maître, le botaniste F. Wetzel, qui voulait introduire dans son jardin, à Montbéliard, cet arbuste, si commun au pied des Vosges. Dans le champ de *Sarothamnus* des plateaux de Colombier-Fontaine, on voit, de temps en temps, des spécimens chétifs et souffreteux, pâles et presque décolorés. Évidemment il y a maladie et insuffisance de chlorophylle. Or, il est facile de reconnaître que tous ces individus malingres croissent sur le bord des sentiers ou dans de petites ravines dénudées par les pluies d'orage, mais toujours dans des endroits où le diluvium a été enlevé par une cause quelconque, de façon qu'ils se trouvent partiellement enracinés dans le calcaire sous-jacent.

4° Si les plantes de la silice (hygrophiles) étaient fixées dans les sols meubles et profonds (eugéogènes) parce qu'ils sont tels et non parce qu'ils ont une composition minéralogique déterminée, elles devraient se rencontrer sur les calcaires sableux et sur les

dolomies désagrégées, ce qui n'arrive jamais. J'appelle donc l'attention sur le fait suivant.

Aux abords du plateau central de la France, et sur les limites du Poitou et du Limousin, le calcaire jurassique appartenant à l'étage de l'oolithe inférieure, se transforme souvent en une dolomie jaunâtre, tantôt dure et compacte, tantôt désagrégée en un sable fin, composé de petits rhomboèdres. C'est donc un sol eugéogène psammique par excellence. Quoique la roche sableuse n'occupe jamais des surfaces horizontales, et qu'elle ne se montre que sur la tranche des couches au bord des vallées et dans les coupures des routes et des chemins de fer, elle offre néanmoins à la végétation spontanée des stations nombreuses et étendues. Voici la liste complète des plantes que j'ai observées, sur cette dolomie désagrégée, à Lussac et à Lhommaizé (Vienne), en octobre 1874 : *Dianthus prolifer*, *D. carthusianorum*, *Arenaria controversa*, *A. serpyllifolia*, *Helianthemum vulgare*, *H. pulverulentum*, *Hypericum perforatum*, *Erodium cicutarium*, *Trifolium pratense*, *Onobrychis sativa*, *Ononis Natrix*, *O. Columnæ*, *Medicago Lupulina*, *Eryngium campestre*, *Seseli montanum*, *Daucus Carota*, *Sedum album*, *S. acre*, *Asperula Cynanchica*, *Scabiosa Columbaria*, *Achillea Millefolium*, *Erigeron acris*, *E. canadensis*, *Cirsium arvense*, *C. acaule*, *Centaurea Scabiosa*, *Cichorium Intybus*, *Lactuca saligna*, *Chondrilla juncea*, *Leontodon hastilis*, *Crepis virens*, *Hieracium Pilosella*, *Convolvulus arvensis*, *Echium vulgare*, *Linaria supina*, *Salvia pratensis*, *Stachys recta*, *Clinopodium vulgare*, *Thymus Serpyllum*, *Verbena officinalis*, *Plantago lanceolata*, *P. Coronopus*, *Polycnemum arvense*, *Andropogon Ischæmum*, *Panicum sanguinale*, *Setaria viridis*, *Cynodon Dactylon*, *Kœleria cristata*, *Festuca pseudo-myuros*, *F. rigida*, *F. ovina*, *Bromus sterilis*, *Brachypodium pinnatum*, *Lolium perenne*. Toutes ces plantes sont celles du calcaire ou sont indifférentes ; aucune ne fait partie du groupe de la silice. Je n'excepte pas même le *Festuca pseudo-myuros*, presque aussi répandu sur le calcaire que sur la silice, au moins dans le centre et dans le midi de la France. Sur beaucoup de points, la dolomie sableuse est recou-

verte d'un diluvium exclusivement occupé par les plantes de la silice, au nombre desquelles : *Ulex nanus*, *Sarothamnus*, *Centaurea nigra*, *Jasione montana*, *Calluna*, *Erica cinerea*, *E. scoparia*, *Rumex Acetosella*, *Aira flexuosa*, *Aira caryophyllea*, *A. præcox*, *Pteris aquilina*, etc. Dans la tranchée de Lhommaizé, les *Sarothamnus*, *Centaurea*, *Rumex*, *Aira flexuosa*, *Pteris*, envahissent les remblais empruntés au diluvium, et arrivent à quelques pas des dolomies, sur lesquelles aucune de ces espèces ne s'aventure. Il y a donc ici contact immédiat; et quand on voit de si nombreux exemples d'affleurements siliceux, calcaires ou salins complétement isolés au milieu de terrains d'une nature différente, et cependant recouverts de la végétation qui leur est propre, on ne devine pas pourquoi les semences des plantes de la silice, en contact avec la dolomie sableuse du Poitou, ne s'y développeraient pas, s'il leur suffisait de rencontrer un sol eugéogène psammique.

5° Si les plantes du calcaire (xérophiles) étaient fixées sur les rochers arides (dysgéogènes) parce qu'ils sont tels et non parce qu'ils ont une composition chimique déterminée, elles devraient se rencontrer sur les quartzites compactes, ce qui n'arrive point. La Montagne-Blanche est un filon de quartzite très-pur, dont la crête dentelée fait une saillie remarquable au milieu des gneiss du Plateau central, à environ 5 kilomètres au sud-est du Dorat (Haute-Vienne). Extrêmement résistante et dysgéogène et d'un blanc éclatant, la roche a une telle dureté, qu'on en charge les routes à une assez grande distance. Elle ne produit aucun détritus; aussi la flore est-elle très-pauvre, les rares espèces qui la composent ne pouvant guère s'enraciner que dans quelques fissures. Voici la liste complète des plantes que j'ai notées en juin 1869 : *Sarothamnus scoparius*, *Galium saxatile*, *Filago minima*, *Arnoseris pusilla*, *Jasione montana*, *Erica tetralix*, *E. scoparia*, *Digitalis purpurea*, *Rumex Acetosella*, *Aira flexuosa*, *A. caryophyllea*, *A. præcox*, *Festuca pseudo-myuros*, *F. sciuroides*, *Nardurus Lachenalii*, *Pteris aquilina*, *Polypodium vulgare*. Sauf la dernière, qui préfère cependant les sols siliceux, toutes ces plantes sont des caractéristiques exclusives de

la silice ; cependant elles croissent sur une roche infiniment plus dure, plus inaltérable, plus dysgéogène, en un mot, que toute espèce de calcaire. Ici encore la théorie de l'influence physique se trouve en défaut.

Je pense que ses partisans ne contesteront pas la valeur de mes conclusions, en disant que le filon de quartzite du Dorat, qui surgit au milieu d'une contrée feldspathique, n'a pu recevoir les plantes des sols calcaires, dont il est trop éloigné. Quand on voit la flore maritime s'installer inévitablement autour des affleurements salins dans l'intérieur des continents ; quand on a tant d'exemples de roches granitiques isolées au milieu du calcaire (1) et de roches calcaires isolées au milieu du granite, et qui nourrissent respectivement leur végétation particulière, on demeure convaincu du peu de valeur de l'objection.

6° La phonolite est une roche dysgéogène par excellence. Souvent divisée en prismes à la manière des basaltes, ou en dalles minces qui résonnent sous le marteau, comme le ferait une enclume, elle ne peut retenir l'eau pluviale, et demeure aussi sèche que les calcaires jurassiques les plus durs. Aussi énergiquement que ces derniers, elle résiste à la désagrégation superficielle pulvérulente, et ne produit aucun détritus arénacé ; elle donne seulement des débris anguleux, qui s'accumulent en talus au pied des escarpements. Cependant les phonolites de l'Auvergne, du Velay et du Vivarais ont la flore de la silice. En juin 1864, j'ai recensé au sommet du Mézenc et dans les rocailles du pied de la montagne, du côté des Estables : *Anemone Pulsatilla*, *Thlapsi alpestre*, *Teesdalia nudicaulis*, *Viola sudetica*, *Sarothamnus*, *Genista purgans*, *Trifolium spadiceum*, *Orobus tube-*

(1) L'affleurement granitique de Ligugé, dont il vient d'être question, se trouve deux ou trois fois plus éloigné des terrains primitifs du Plateau central ou de la Vendée, que la Montagne-Blanche ne peut l'être du terrain jurassique, qui affleure à moins de 20 kilomètres au nord-ouest. Si l'on admet que la majorité des plantes siliceuses de l'îlot de Ligugé y est parvenue par l'intermédiaire du diluvium et des lambeaux tertiaires qui recouvrent la plus grande partie des plateaux jurassiques environnants, à coup sûr tel n'est pas le cas pour les *Teesdalia Lepidium*, *Cotyledon Umbilicus*, *Sedum pentandrum*, *Nardurus Lachenalii*, *Asplenium septentrionale*, *A. Breynii*, *A. lanceolatum*, ces espèces faisant absolument défaut sur le diluvium et sur le sol tertiaire.

rosus, *Sanguisorba officinalis*, *Montia rivularis*, *Sedum annuum*, *Saxifraga granulata*, *S. stellaris*, *Chrysosplenium alternifolium*, *Chr. oppositifolium*, *Meum athamanticum*, *Galium saxatile*, *Valeriana tripteris*, *Arnica montana*, *Leontodon pyrenaicus*, *Jasione montana*, *Vaccinium Myrtillus*, *Arbutus Uva-ursi*, *Gentiana Pneumonanthe*, *Poa sudetica*, *Lycopodium Selago*, etc., toutes caractéristiques de la silice ; auxquelles se joignent un grand nombre de plantes alpestres ou montagneuses généralement indifférentes, telles que : *Trollius europæus*, *Ranunculus aconitifolius*, *Cardamine resedifolia*, *Trifolium alpinum*, *Alchemilla alpina*, *Phyteuma hemisphæricum*, *Gentiana lutea*, *Polygonum viviparum*, *Orchis nigra*, *Veratrum album*, etc. Comme la phonolite est un feldspath du groupe de l'orthose, avec zéolites intimement mélangées, elle ne renferme pas de chaux ; et quand bien même elle se trouverait désagrégée, elle ne pourrait, comme la dolérite, admettre la flore du calcaire.

7° Sur les coulées basaltiques de l'Auvergne, notamment à Chanturgue, à Gergovie, à la Serre, aux puys de Corrent, de Saint-Romain et dans les environs d'Aurillac, j'ai observé : *Anemone Pulsatilla*, *Helleborus fœtidus*, *Helianthemum Fumana*, *H. pulverulentum*, *Sarothamnus scoparius*, *Coronilla minima*, *Astragalus Monspessulanus*, *Montia rivularis*, *Chrysosplenium oppositifolium*, *Saxifraga granulata*, *Trinia vulgaris*, *Artemisia campestris*, *Centaurea maculosa*, *C. nigra*, *Jasione montana*, *Calluna vulgaris*, *Verbascum Lychnitis*, *Digitalis purpurea*, *Linaria striata*, *Stachys recta*, *Buxus sempervirens*, *Phleum Bœhmeri*, *Asplenium septentrionale*, etc., c'est-à-dire le plus singulier mélange des plantes de la silice et du calcaire, avec un nombre encore plus grand d'indifférentes, généralement xérophiles. Lecoq avait fort bien constaté cette large tolérance du basalte (1), « qui n'a pour ainsi dire aucune plante spéciale ; » c'est un terrain chimiquement neutre, sur lequel on rencon- » tre fréquemment les espèces du sol calcaire comme celles des » terrains siliceux ». Or, le basalte se présente sous différents

(1) *Études sur la géographie botanique de l'Europe, etc.* Paris, 1854, t. II, p. 49.

aspects. Quand il est compacte et divisé en prismes, c'est une roche excessivement dure et résistante, absolument comparable au calcaire jurassique ou à la phonolite, et dysgéogène à l'excès. Mais il se décompose souvent, ou bien encore il se présente à l'état de brèche, de conglomérat tufeux et même sablonneux, dans les couches de cendres volcaniques et dans les anciennes coulées boueuses. Au point de vue minéralogique, le basalte ne se distingue en rien de la dolérite, étant formé, comme celle-ci, de pyroxène augite, de feldspath Labrador et de fer titané ; seulement les cristaux ne peuvent se distinguer à l'œil nu. Suivant les circonstances, il fournit donc un sol dysgéogène ou un sol eugéogène argileux et graveleux ; tantôt il ne renferme pas de carbonate calcaire (basalte compacte), et tantôt il en contient des quantités notables (basalte altéré), son mode de décomposition étant absolument le même que celui de la dolérite. Il est donc infiniment probable que les plantes de la silice observées sur le basalte s'attachent à la roche dure et inaltérée, et que les plantes du calcaire ne se trouvent que sur les tufs, les conglomérats et la roche décomposée. Je m'exprime ici avec certaines réserves, n'ayant pas suffisamment distingué, dans mes notes de voyage déjà anciennes (1864), les divers gisements des plantes du basalte. Cependant mes souvenirs sont assez précis pour que je puisse affirmer qu'une des meilleures caractéristiques de la silice, savoir l'*Asplenium septentrionale*, ne se trouve jamais (puy de Corrent) que dans les escarpements où la roche est absolument intacte.

Le fait suivant confirme également mes suppositions relativement au rôle du basalte. La coulée volcanique où sont établies les célèbres carrières de Volvic consiste en une lave pyroxénique finement vacuolaire, mais extrêmement dure et massive, et parfaitement intacte. C'est à la fois une roche dysgéogène et une roche du groupe du basalte, puisqu'elle se compose de feldspath Labrador et de pyroxène. Eh bien, sur cette lave absolument saine et inaltérée dominent les plantes de la silice. Voici la liste complète des espèces que j'y ai observées en mai 1864 : *Anemone Pulsatilla*, *Teesdalia nudicaulis*, *Arenaria rubra*, *Saro-*

thamnus scoparius, *Genista pilosa*, *Ribes alpinum*, *Scleranthus perennis*, *Valeriana tripteris*, *Filago minima*, *Senecio silvaticus*, *S. adonidifolius*, *Cirsium Eriophorum*, *Vaccinium Myrtillus*, *Myosotis hispida*, *Rumex Acetosella*, *Fagus silvatica*, *Orchis sambucina*.

8° Dans les environs de Montbéliard, la vallée de la Savoureuse et celle de l'Allan sont occupées par des alluvions sablonneuses et caillouteuses provenant des Vosges et des collines sous-vosgiennes, et consistant uniquement en débris quartzeux ou feldspathiques. A quelques kilomètres de distance, la vallée du Doubs est occupée par des alluvions sablonneuses et caillouteuses provenant du Jura, et consistant uniquement en débris calcaires. Il est impossible de rencontrer deux terrains qui se ressemblent davantage sous le rapport de leur aspect, de leur constitution physique, de la forme et du volume des éléments dont ils sont composés; mais, au point de vue chimique, l'un est siliceux et l'autre calcaire. Il est donc naturel que les flores contrastent au plus haut point. Sur les alluvions de la Savoureuse et de l'Allan, entre Belfort et Montbéliard, on trouve : *Nasturtium pyrenaicum*, *Dianthus Armeria*, *Arenaria rubra*, *Mœnchia erecta*, *Spergula pentandra*, *S. arvensis*, *Potentilla argentea*, *Peplis Portula*, *Lythrum Hyssopifolia*, *Scleranthus perennis*, *Corrigiola littoralis*, *Thrincia hirta*, *Myosotis versicolor*, *Rumex Acetosella*, *Cyperus flavescens*, *C. fuscus*, *Carex brizoides*, *C. stellulata*, *Aira caryophyllea*, *Triodia decumbeas*, *Festuca pseudo-myuros*, *F. sciuroides*, *Nardurus Lachenalii*, *Nardus stricta*, etc. Aucune de ces plantes n'existe dans la vallée du Doubs, où l'on peut recueillir, entre Audincourt et l'Ile : *Thalictrum silvaticum*, *Th. galioides*, *Fumaria Vaillantii*, *Erucastrum Pollichii*, *Silene noctiflora*, *Linum tenuifolium*, *Coronilla Emerus*, *Spiræa Filipendula*, *Falcaria Rivini*, *Seseli Libanotis*, *Orlaya grandiflora*, *Peucedanum Chabræi*, *Carlina acaulis*, *Digitalis grandiflora*, *Veronica spicata*, *Teucrium montanum*, *Globularia vulgaris*, *Allium sphærocephalum*, *Andropogon Ischæmum*, *Phleum Bœhmeri*, etc., qui manquent dans la vallée de la Savoureuse. Les deux sols étant, au même degré, eugéo-

gènes psammiques et pélopsammiques, et leur état physique se trouvant absolument identique, la différence entre les flores ne peut avoir d'autre cause que la différence dans la nature chimique du terrain.

9° Comme de semblables exemples sont extrêmement significatifs, je citerai encore le contraste remarquable signalé par Michalet entre la flore des alluvions du Doubs, dans la partie inférieure de son cours, et celle des dépôts sablonneux et caillouteux de la Bresse. L'état physique des deux sols est le même; seulement l'un (alluvion du Doubs) renferme beaucoup de calcaire, et l'autre (Bresse) n'en contient point. La différence entre les flores « est tellement tranchée (1), qu'elle se manifeste » même entre deux champs *contigus* ne renfermant chacun que » des espèces annuelles mêlées aux céréales. Celui qui appar- » tient au dépôt bressan donne : *Myosurus*, *Ranunculus Philo-* » *notis*, *Montia minor*, *Gypsophila muralis*, *Sagina apetala*, » *Spergula arvensis*, *Veronica triphyllos*, *Galeopsis ochroleuca*, » *Aira caryophyllea*, *Filago gallica*, *Panicum glabrum*, etc.; » tandis que le champ de l'alluvion du Doubs présente : *Del-* » *phinium Consolida*, *Silene noctiflora*, *Filago spathulata*, *Eu-* » *phorbia falcata*, *Adonis æstivalis* et *flammea*, *Fumaria Vail-* » *lantii*, *Orlaya grandiflora*, *Lathyrus tuberosus*, *Vicia varia*, » *Galeopsis angustifolia*, etc. Et toutes ces espèces s'excluent » mutuellement à tel point, que, malgré l'emprunt de grains » fait régulièrement par nos cultivateurs aux cultures de la » Bresse, pour ensemencer les champs de l'alluvion moderne, » on ne les trouve jamais hors de la nature du sol qu'elles affec- » tionnent... Je ne puis, pour ma part, expliquer le contraste » de ces végétations que par cette différence dans la nature et » la propriété des éléments chimiques du sol. »

Le même observateur dit (2) que le *Gentiana cruciata* manque dans le sol siliceux de la Bresse, sauf un point, à Beauvoisin, près de Chaussin, où des débris calcaires se trouvent mêlés aux matériaux diluviens.

(1) *Histoire naturelle du Jura*, t. II, BOTANIQUE, p. 64 et 65.

(2) *Ibid.*, p. 229.

Sans multiplier davantage les exemples, je crois pouvoir conclure de tout ce qui précède, que l'influence chimique du terrain sur la végétation l'emporte de beaucoup sur l'influence physique, et que celle-ci ne vient qu'en seconde ligne. Bientôt j'essayerai de faire la part de cette dernière ; mais, auparavant, je veux présenter de nouveaux arguments à l'appui de ma manière de voir et justifier mes hypothèses. Le lecteur voudra bien se rappeler que j'ai supposé : 1° que les plantes du calcaire ont besoin de calcaire ; 2° que les plantes de la silice sont repoussées par le calcaire, sans avoir pour la silice ou pour toute autre substance une affinité particulière bien démontrée ; 3° que les plantes indifférentes ne sont point repoussées par le calcaire, mais ne le recherchent pas non plus.

Au premier abord, l'antipathie de toute une classe de végétaux pour un élément minéral peut sembler étrange ; et, sans doute, il répugne à quelques personnes d'admettre que le carbonate de chaux ait la faculté d'éloigner la nombreuse légion des plantes de la silice. Cependant nous pouvons, en quelque sorte, toucher du doigt une antipathie analogue. Je veux parler de celle des plantes terrestres pour le chlorure de sodium. S'il est indubitable que la flore maritime se trouve fixée au littoral parce que les espèces qui la composent ont besoin de sel marin, n'est-il pas aussi évident que les plantes terrestres se gardent d'empiéter sur le domaine des premières, parce qu'elles redoutent le même sel, qui les repousse plus énergiquement que ne pourrait les attirer le calcaire ou la silice des rivages ? Et pourtant la proportion de chlorure est insignifiante, en comparaison de celle des autres principes minéraux que renferme le sol (1).

(1) On peut douter que le carbonate de chaux exerce quelque influence sur la végétation, parce qu'il n'est pas soluble dans les conditions ordinaires. Mais, en présence de l'acide carbonique, qui le transforme en bicarbonate, il le devient au point que l'eau peut en contenir jusqu'à 0,002 de son poids ; quantité plus que suffisante si on la compare à celle du chlorure de sodium renfermé dans les eaux de certaines mers. Encore les sables maritimes sont-ils incessamment lavés et dessalés par les pluies. Les eaux de la Caspienne ne donnent pas 0,002 de résidus solides de toute nature, et celles de la Baltique en fournissent à peine 0,005 ; et cependant elles repoussent la flore terrestre. Quoique les sources et les ruisseaux soient moins chargés de carbonate que l'eau

Il est absolument certain que, sans la présence du sel, les rochers, les pelouses, les sables, les vases maritimes, offriraient à la végétation terrestre des stations identiques à celles qu'elle occupe dans l'intérieur des continents. J'ajouterai que les plantes indifférentes pour le chlorure de sodium sont fort rares. On peut à peine en citer une cinquantaine qui s'aventurent dans la zone accessible à l'eau salée. Encore ne le font-elles pas impunément. Si quelques-unes, telles que *Glaucium luteum*, *Silene Otites*, *Tribulus terrestris*, *Eryngium campestre*, ne subissent aucune transformation, la plupart se distinguent, au premier abord, par une taille plus rabougrie, une teinte plus glauque, des feuilles plus charnues, etc. La répulsion est donc ici bien manifeste (1).

Celle que le calcaire exerce sur les plantes de la silice est aussi manifeste et aussi énergique. On les voit éviter le carbonate de chaux avec la circonspection que mettent les plantes terrestres à fuir le sol marin. Si les faits de contraste peuvent être expliqués quelquefois par l'hypothèse de la préférence de toutes ces espèces pour la silice, certains exemples mentionnés ci-dessus

qui parvient jusqu'aux racines des plantes, en s'infiltrant dans un sol toujours riche en acide carbonique, leurs eaux se distinguent au premier abord de celles du granite par leur saveur fade et par leurs fâcheuses propriétés, qui en restreignent beaucoup les usages économiques. Toutes celles où le calcaire est en excès l'abandonnent, dès qu'elles arrivent à l'extérieur, sous la forme de stalactites et de concrétions diverses : c'est ainsi que le chenal du célèbre aqueduc du pont du Gard se trouve incrusté d'une stalagmite cristalline dont l'épaisseur atteint 6 décimètres en certains endroits.

(1) Il résulte des travaux de M. Peligot sur la répartition des alcalis dans les végétaux (*Comptes rendus hebdomadaires de l'Académie des sciences*, 1869, t. LXIX, p. 1269, et 1871, t. LXXIII, p. 1072), qu'un très-petit nombre des plantes de la flore terrestre peuvent tolérer une quantité de soude, variable pour chaque espèce, mais toujours extrêmement faible en comparaison de celle qu'absorbent les plantes maritimes. Dans les terrains salés qu'on livre à la culture, les végétaux terrestres dépérissent, sans absorber de chlorure de sodium ; et ces terrains ne deviennent productifs qu'après avoir été dessalés par les pluies. La pomme de terre et les rares espèces qu'on peut cultiver dans les sables maritimes ne contiennent jamais de soude. Ces faits prouvent d'abord l'antipathie de la flore terrestre pour le sel marin, et ensuite la merveilleuse facilité que possèdent les plantes de choisir dans le sol, au milieu d'éléments très-divers, les matières qui leur conviennent, sans se laisser tenter par celles qui ne leur conviennent pas.

montrent le peu de fondement de cette manière de voir. L'impossibilité bien constatée de cultiver le *Sarothamnus* dans un sol eugéogène renfermant du calcaire témoigne, en outre, d'une antipathie réelle. Il est bon d'insister sur ce point. Quand on remarque avec quelle étonnante facilité se propage cet arbuste dans les champs des collines sous-vosgiennes, qu'il envahit et qu'il infeste dès qu'on en abandonne la culture ; quand on le voit se développer sur les moindres parcelles de terre de bruyère apportée dans nos serres, on ne peut admettre qu'il ne trouve pas la silice, et, au besoin, la potasse, en quantité suffisante dans les jardins de Montbéliard établis sur les alluvions de la vallée. En effet, le sol de ces jardins consiste en sables et en cailloux vosgiens, recouverts d'une terre végétale plus ou moins épaisse. Beaucoup de ces cailloux sont de la syénite à peine altérée. La quantité de plâtras et de débris calcaires mêlés au sol est presque insignifiante, et ne s'élève certainement pas au dixième ; et cependant ils suffisent pour rendre impossible la culture du *Sarothamnus*. Ici, évidemment, c'est le calcaire qui est de trop. Si la silice ou toute autre substance attire réellement les plantes dites de la silice, dans le cas particulier cette attraction devient impuissante à contrebalancer la répulsion exercée par une quantité bien minime de carbonate de chaux.

La répulsion me paraît encore démontrée par le fait suivant. Sur nos côtes du sud-ouest, la flore terrestre envahit les sables maritimes et les dunes assez éloignés du rivage pour se trouver complétement à l'abri de l'écume des vagues. Mais elle ne se compose généralement que des plantes du calcaire et des indifférentes, quoique les espèces de la silice occupent souvent des lambeaux diluviens presque en contact avec les dunes. Quelquefois, cependant, la flore de la silice recouvre aussi les sables maritimes. Ayant cherché à me rendre compte de cet état de choses, j'ai reconnu (Bayonne, Arcachon, Fouras, île d'Oleron, etc.) que les sables où n'existent pas les caractéristiques siliceuses, renferment beaucoup de menus fragments de coquillages, et font une vive effervescence avec les acides. C'est donc le carbonate de chaux fourni par les débris des mollusques

marins qui repousse la flore de la silice. Il resterait à vérifier (ce que je n'ai pu encore faire) si le sable des dunes où se développe cette dernière renferme ou ne renferme pas du calcaire. A priori, l'absence de cette substance n'a rien qui doive étonner. Tous les rivages ne sont pas également peuplés de mollusques testacés; les débris des coquillages se décomposent avec une grande facilité, et le carbonate de chaux qu'ils contiennent est promptement entraîné et dissous par les infiltrations des eaux pluviales. On comprend donc que cet élément fasse complétement défaut dans les anciennes dunes.

Je veux encore revenir sur l'exemple déjà cité du Kaiserstuhl. La proportion de calcaire fournie par les dolérites décomposées est, au plus, de 10 à 12 centièmes, contre 56 centièmes de silice, 20 centièmes d'alumine, 12 à 15 centièmes de fer titané, 4 à 5 centièmes de magnésie et une moindre quantité d'oxyde de fer. La silice prédomine donc énormément; mais son action possible est complétement annihilée par celle du carbonate de chaux, qui empêche la flore siliceuse de s'installer à côté de la sienne propre. Et si l'on rapproche cet exemple de celui des tourbières du Jura, presque exclusivement occupées par les plantes de la silice, qui ne trouvent cependant autour d'elles qu'une quantité fort petite de ce minéral, mais qui n'y rencontrent pas non plus de calcaire (le fond du bassin étant toujours argileux et siliceux), on voit jusqu'à l'évidence que la flore improprement appelée de la silice s'établit partout où le calcaire ne vient pas la chasser. L'action répulsive de ce dernier ne saurait donc être mise en doute, et mon hypothèse devient de plus en plus une réalité.

On doit comprendre à présent pourquoi les plantes du calcaire semblent moins exclusives que celles de la silice. A part le cas tout à fait exceptionnel des tourbières du Jura, les sols où manque ce minéral sont de nature siliceuse. Au contraire, la chaux existe non-seulement dans les roches calcaires, mais dans une infinité de roches siliceuses, telles que sables coquilliers, grès calcarifères, basalte, diorite, porphyres pyroxéniques, amphibolite, syénite et même certains granites, quand ils renferment

du feldspath oligoclase. Rien de plus naturel, par conséquent, que de trouver les végétaux du calcaire disséminés sur toutes ces roches. Au lieu d'indiquer une plus large tolérance sur le choix de l'élément minéral, ces faits de dispersion font mieux ressortir la grande affinité des espèces du calcaire pour un principe qu'elles vont chercher même dans les sols où il n'existe qu'en minime quantité. Aussi, la désignation des caractéristiques du carbonate de chaux est-elle fort difficile; d'autant plus qu'il est aisé de les confondre avec les plantes indifférentes xérophiles dont elles sont toujours accompagnées. En habitant le calcaire, ces dernières recherchent seulement un milieu dysgéogène. Elles font habituellement défaut sur les roches siliceuses des Vosges et de la Forêt-Noire, qui sont presque toujours eugéogènes; mais dans le plateau central de la France, où abondent les gneiss et les granites dysgéogènes, on voit une foule de plantes, rangées au nombre des meilleures caractéristiques du calcaire, s'accommoder également de gisements calcaires et de gisements siliceux. Thurmann lui-même avait fort bien reconnu ce fait; et nous avons vu qu'il l'interprétait en imaginant que la chaleur et la sécheresse plus grandes du climat diminuaient la fraîcheur et l'humidité des roches eugéogènes. Cette appréciation est exacte; mais s'il avait visité le sud-ouest et le midi de la France, cet éminent géologue aurait constaté que les *Aquilegia vulgaris*, *Helianthemum vulgare*, *Dianthus carthusianorum*, *Orobus niger*, *Astragalus glycyphyllos*, *Potentilla verna*, *Pimpinella Saxifraga*, *Seseli montanum*, *Asperula Cynanchica*, *Cirsium acaule*, *Carlina vulgaris*, *Stachys alpina*, *St. recta*, *Melittis Melissophyllum*, *Prunella grandiflora*, *Origanum vulgare*, *Betonica officinalis*, *Teucrium Chamædrys*, *Melampyrum cristatum*, etc., sont aussi répandus sur le granite que sur le calcaire; il aurait pu même observer sur le granite ou dans le sable siliceux pur les *Geranium sanguineum*, *Cynanchum Vincetoxicum*, *Buxus sempervirens*, *Ruscus aculeatus*, *Convallaria Polygonatum*, etc.; et peut-être aurait-il modifié ses listes en conséquence. On comprend maintenant pourquoi, dans la pratique, sinon en réalité, les plantes du calcaire sont moins bonnes carac-

téristiques que celles de la silice, surtout quand on ne spécule pas sur des groupes, et quand on cite des espèces isolées.

Jusqu'ici je ne me suis point occupé de l'argile (silicate d'alumine), non plus que du gypse et des oxydes de fer, parce que je crois que ces substances exercent seulement une influence physique, c'est-à-dire du second ordre. Quoique soluble, le gypse, ou sulfate de chaux, n'existe guère dans les cendres des végétaux, où manque également l'alumine, qui est insoluble, et où l'on ne rencontre que des traces de sels de fer. Les sols argileux ont cependant une flore particulière ; mais elle se compose des plantes de la silice, des plantes du calcaire et des plantes indifférentes qui recherchent les roches pélogènes imperméables. Toutes les fois que l'argile ne renferme pas de calcaire (certaines marnes irisées, chailles oxfordiennes, limons diluviens, etc.), elle ne fixe que les espèces péliques de la flore de la silice ; quand elle est plus ou moins chargée de carbonate de chaux et qu'elle devient une marne, elle ne fixe que les espèces péliques de la flore du calcaire. Inutile d'ajouter que, dans l'un et l'autre cas, elle nourrit également les espèces péliques indifférentes.

En résumé, il y a une flore *maritime*, fixée par le chlorure de sodium, et une flore *terrestre*, repoussée par la même substance. La flore terrestre se compose, à son tour, de plantes *calcicoles*, fixées par le calcaire, de plantes *calcifuges* (anciennes silicicoles), repoussées par la même substance, enfin de plantes *indifférentes*, qui ne sont ni attirées ni éloignées par le carbonate de chaux, et qui prospèrent sur tous les sols.

Je dois encore rappeler que si toutes ces catégories sont extrêmement nettes et tranchées, leurs caractéristiques ne se montrent pas toutes également exclusives. Il n'y a pas beaucoup de plantes qui soient calcicoles ou calcifuges exactement au même degré; et l'on pourrait établir toute une série, ayant pour point de départ les calcicoles les plus déterminées, qui aboutirait aux calcifuges en passant par le groupe des indifférentes. Il faut donc spéculer sur les associations, et considérer la flore d'un terrain dans son ensemble, plutôt que les espèces isolées; car il en est bien peu, même parmi les plantes maritimes, qui se montrent

absolument intransigeantes, et qui ne puissent s'accommoder exceptionnellement d'un milieu tout à fait antipathique à leurs habitudes.

Si, abordant, en dernier lieu, le fond de la question, nous voulons essayer de rechercher le pourquoi de tous les faits qui ont été signalés, et, en particulier, de nous rendre compte de la répulsion exercée par le carbonate de chaux sur la flore de la silice, nous ne pouvons guère sortir du domaine de l'hypothèse, au moins dans l'état actuel de la science. Ce que j'ai trouvé de plus net a été dit par M. Parisot, qui s'exprime de la manière suivante (1) :

« Si les plantes des terrains siliceux, malgré la présence des » alcalis, qui existent en plus ou moins grande proportion dans » toute espèce de sol, ne se rencontrent pas sur tous les ter- » rains, et principalement sur ceux dans lesquels le calcaire » domine, c'est que le carbonate (en solution à l'état de bicar- » bonate), par sa propriété de former des sels insolubles avec » les acides organiques, déplace tout ou partie des alcalis, et » modifie ainsi l'action assimilante des plantes.

» L'assimilation du calcaire n'étant pas entravée par la pré- » sence des alcalis, les plantes qui recherchent cette base peu- » vent se développer sur tous les terrains qui en renferment. » Nous avons vu, en effet, que les plantes des terrains calcaires » sont beaucoup moins exclusives que celles des terrains sili- » ceux, et qu'on les rencontre fréquemment sur les roches » d'épanchement dans lesquelles entrent des feldspaths calcaires » (les labradophyres), du pyroxène, de l'amphibole, etc. »

M. Parisot attribue, d'ailleurs, un rôle important à la silice et à la potasse, qui fixent les plantes de la silice comme le carbonate de chaux fixe celles du calcaire. Tout cela peut être vrai ; mais, en l'absence de preuves, je n'ose suivre mon excellent ami sur le terrain de l'hypothèse. M. Parisot se borne, en effet, à des affirmations pures et simples. En attendant que des expé-

(1) *Notice sur la flore des environs de Belfort*, dans les *Mémoires de la Société d'émulation du Doubs*. Besançon, 3e série, 1858, t. III, p. 78.

riences physiologiques et des analyses chimiques poussées à un degré de précision inconnu jusqu'à présent, viennent définitivement nous éclairer, je me contente d'interpréter les résultats bruts de l'observation, laissant à nos heureux successeurs la satisfaction de remonter aux causes premières, s'il est possible. Je me borne donc à constater l'action répulsive du calcaire ; et, sans vouloir nier absolument l'action inverse de la silice et des alcalis, j'attends, pour l'admettre, qu'on en fournisse la démonstration. Mon seul but était de prouver que l'influence chimique du terrain l'emporte sur l'influence physique. Maintenant que je crois l'avoir atteint, il me reste à indiquer brièvement en quoi consiste cette dernière.

Ici je trouve la besogne toute faite, et bien faite, puisque je n'ai absolument rien à changer aux vues de Thurmann, qui a su établir, avec une merveilleuse sagacité, les catégories naturelles des terrains, considérés au point de vue de leur état physique, et qui en a désigné, avec non moins de bonheur, les caractéristiques végétales. J'admets que, dans la flore maritime comme dans chacun des trois groupes (calcicoles, calcifuges, indifférentes) qui composent la flore terrestre, il y a des *hygrophiles* et des *xérophiles*. Les premières recherchent l'humidité et les sols meubles et profonds ; les secondes recherchent la sécheresse, et se contentent des sols les plus superficiels. Dans le groupe des hygrophiles (qu'il s'agisse d'ailleurs des espèces maritimes, calcicoles, calcifuges ou indifférentes), il y a des plantes *péliques*, des *psammiques* et des *pélopsammiques*. Les premières recherchent un milieu argileux ; les deuxièmes, un milieu sableux ; les troisièmes, un milieu argilo-sableux, ou bien encore s'accommodent presque également du sable ou de l'argile.

Je dois pourtant faire observer que toutes ces catégories sont loin d'être tranchées, les végétaux se montrant infiniment plus tolérants sur l'état physique que sur l'état chimique du terrain ; ce qui est une raison de plus d'accorder la prépondérance à l'action chimique. On indiquerait difficilement une xérophile qui ne pût se contenter de quelque station humide, comme aussi une hygrophile qui ne pût fortuitement se développer sur

des rochers arides (1). Les espèces péliques ne dédaignent pas toujours le sable ou les rocailles, et la distinction des pélopsammiques devient quelquefois extrêmement subtile. Le groupe des hygrophiles oligopéliques a beaucoup de points de contact avec celui des xérophiles ; et il est bien difficile de savoir auquel des deux appartiennent les *Peucedanum Cervaria*, *Bupleurum falcatum*, *Galium silvaticum*, *Filago spathulata*, *Gentiana ciliata*, *Lithospermum purpureo-cæruleum*, etc., qui choisissent de préférence les calcaires un peu argileux. Quel contraste entre ces groupes si imparfaitement délimités, et les catégories relativement si nettes et si exclusives des plantes maritimes, des calcicoles et des calcifuges !

Je résumerai toute ma théorie dans le tableau suivant :

I. Plantes maritimes.

Xérophiles..		Crithmum maritimum, Statice ovalifolia, Asplenium marinum.
Hygrophiles	*péliques*.......	Statice Limonium, Atriplex portulacoides, Spartina stricta.
	pélopsammiques.	Arenaria marginata, Aster Tripolium, Salsola Soda.
	psammiques....	Cakile maritima, Salsola Kali, Psamma arenaria.

II. Plantes calcicoles.

Xérophiles..		Helleborus fœtidus, Orobus vernus, Athamanta cretensis.
Hygrophiles	*péliques*.......	Tussilago Farfara, Carex glauca, Equisetum eburneum.
	pélopsammiques.	Mœhringia muscosa ?
	psammiques....	Eryngium campestre ? Myosotis hispida ? Polycnemum majus ?

III. Plantes calcifuges.

Xérophiles..		Silene rupestris, Cotyledon Umbilicus, Asplenium septentrionale.
Hygrophiles	*péliques*.......	Cirsium anglicum, Limosella aquatica, Scirpus acicularis.
	pélopsammiques.	Hypericum humifusum, Pulicaria vulgaris, Juncus Tenageia.
	psammiques....	Teesdalia nudicaulis, Scleranthus perennis, Nardurus Lachenalii.

IV. Plantes indifférentes.

Xérophiles..		Helianthemum vulgare, Dianthus carthusianorum, Asperula Cynanchica.
Hygrophiles	*péliques*.......	Trifolium elegans, Pulicaria dysenterica, Juncus glaucus.
	pélopsammiques.	Erythræa pulchella, Salix aurita, Juncus bufonius.
	psammiques....	Silene conica, Herniaria glabra, Scleranthus annuus.

(1) Je citerai notamment le *Schœnus nigricans*, plante des marais tourbeux que j'ai

En terminant, je veux adresser un appel aux botanistes, et les prier de contrôler ma théorie. Tout en la croyant exacte, je me garde bien de la donner comme la solution complète et définitive d'un problème devant lequel ont échoué les meilleurs esprits. On sait d'ailleurs que les sciences physiques ne peuvent aspirer à la certitude absolue, et que les fameuses lois de la gravitation elles-mêmes ne resteront vraies qu'autant qu'un fait nouveau ne viendra pas leur infliger un démenti. Sans rêver d'aussi hautes destinées pour ma modeste conception, je me plais à penser qu'elle finira par recevoir la consécration de l'expérience. Mais il importe de multiplier et de varier les investigations. Laissant en ce moment de côté ce qui a trait aux expériences de physiologie végétale et aux analyses chimiques à instituer, et me limitant aux faits d'observation, je viens, à l'exemple de Thurmann, tracer un programme de recherches futures. En conséquence, je me permets d'adresser aux botanistes les instructions suivantes, auxquelles je me conformerai moi-même à l'avenir.

1. N'entreprendre aucune exploration sur le terrain sans être muni d'un petit flacon d'acide chlorhydrique ou d'acide nitrique, afin de pouvoir toujours constater la présence ou l'absence du carbonate de chaux.

2. Voir si les espèces calcicoles de la forêt de Fontainebleau ne croissent pas exclusivement sur les grès calcarifères faisant effervescence avec les acides.

3. Voir si les espèces calcifuges des dunes maritimes ne croissent pas exclusivement dans le sable siliceux qui ne renferme aucune trace de calcaire.

4. Dans toutes les circonstances, rechercher si les sables, les grès, et en général les terrains siliceux, contiennent ou non du calcaire; essayer même les granites, qui renferment quelquefois du feldspath oligoclase, dont une des bases est la chaux.

5. Déterminer les conditions du gisement des plantes du ba-

vue, non sans surprise, enracinée dans des parcelles de terreau noir, sur le calcaire crétacé excessivement dur et compacte des chaumes de Crage, à Angoulême, à côté du *Sessleria cœrulea* et d'autres xérophiles.

salte : voir si les calcifuges sont groupées sur la roche compacte et les calcicoles sur la roche désagrégée ; voir si la terre ou la roche basaltique en contact avec les racines des plantes calcicoles produit une effervescence avec les acides.

6. Rechercher des localités analogues à celles du Dorat, et voir si les quartzites et les autres roches dysgéogènes siliceuses, où le calcaire fait absolument défaut, admettent des espèces réellement calcicoles.

7. Rechercher des localités analogues à celles de Lussac et de Montmorillon ; recenser exactement les espèces qui croissent sur la dolomie ou le calcaire sableux, et voir si la terre fait effervescence autour des espèces calcifuges qui pourraient s'y trouver.

8. Déterminer les conditions exactes des gisements des *Betula alba*, *Digitalis purpurea*, *Sarothamnus scoparius*, etc., dans l'Albe de Wurtemberg ; voir si la terre fait effervescence autour des racines de ce dernier.

9. Déterminer les conditions exactes du gisement des *Meum athamanticum*, *Arnica montana*, *Vaccinium Myrtillus*, *Poa sudetica*, etc., dans le haut Jura, et voir si ces plantes ne sont pas enracinées dans du terreau noir qui ne fait pas effervescence avec les acides.

10. Examiner si le diluvium nourrissant la flore calcifuge fait ou ne fait pas effervescence ; rechercher s'il se présente des cas où cette flore, et en particulier le *Sarothamnus scoparius*, existe sur un sol renfermant du calcaire.

11. Semer et cultiver les espèces calcifuges les plus caractéristiques, et en particulier le *Sarothamnus*, dans un terrain siliceux meuble (sable quartzeux, alluvions vosgiennes, etc.) où l'on mettrait du calcaire (pulvérisé et en fragments) en diverses proportions, mais de manière à ne pas changer l'état physique du terrain ; voir à quel degré chaque espèce se trouve gênée par le carbonate de chaux, et déterminer la quantité maximum qu'elle peut en supporter.

12. Entreprendre des expériences et faire de nouvelles observations dans le but de savoir si la silice et la potasse contribuent à fixer les espèces calcifuges sur les sols siliceux.

13. Faire des expériences dans le but d'expliquer l'action répulsive du calcaire sur les plantes calcifuges.

14. Faire connaître la composition de la flore du gypse pur de tout calcaire et ne produisant pas d'effervescence avec les acides.

15. Rechercher si les espèces péliques de l'argile sont bien calcicoles, calcifuges ou indifférentes, ou si cette substance agit chimiquement pour son propre compte, ce qui paraît infiniment improbable.

16. Observer avec le plus grand soin le gisement des plantes sur les divers terrains, afin qu'on arrive à établir définitivement les listes des caractéristiques de chaque sol, et à déterminer le degré de préférence de chaque espèce. Dans toutes ces recherches, constater toujours si les sols siliceux renferment ou non du calcaire.

17. Au moyen de ces observations bien conduites et longtemps prolongées, voir si les calcicoles, définitivement admises comme telles, sont aussi exclusives que les calcifuges et que les plantes maritimes.

18. Dans chaque contrée, établir, avec tout le soin possible, les listes des espèces dysgéogènes et des eugéogènes péliques, pélopsammiques et psammiques, la même plante s'accommodant de stations de plus en plus eugéogènes à mesure qu'augmentent la chaleur et la sécheresse; voir si les calcicoles et les calcifuges persistent à occuper le même sol chimique, malgré toutes les modifications du climat, ce qui paraît infiniment probable.

BRYOLOGIE COMPARÉE

DE LA SARTHE ET DE LA MAYENNE

Par M. L. CRIÉ,

Licencié ès sciences naturelles,
Préparateur de botanique à la Faculté des sciences de Caen.

Les départements de la Sarthe et de la Mayenne, compris dans la région occidentale du bassin ligérien, diffèrent essentiellement tant par leur flore phanérogamique que par leur flore cryptogamique. La première offre les traits les plus prononcés de la végétation de l'Ouest; et c'est surtout dans les terrains primitifs et les terrains de transition de la Mayenne que l'on rencontre le cachet de cette végétation occidentale, caractérisée par les *Ranunculus parviflorus* L., *Corydallis claviculata* DC., *Viola lancifolia* Thor., *Hypericum linearifolium* Vahl., *Lepidium Smithii* Hook., *Trifolium resupinatum* L., *Erica ciliaris* L., *Aira uliginosa* Weih., *Airopsis agrostidea* DC., espèces beaucoup moins communes dans les terrains secondaires de la Sarthe.

La flore cryptogamique du Maine, et surtout la bryologie, qui nous occupe, est généralement assez riche; et c'est encore sur les roches granitiques et porphyritiques, les quartz, les eurites et les phyllades de la Mayenne, que le bryologue est appelé à faire les plus heureuses découvertes. Bon nombre d'espèces très-abondantes ici manquent, ou à peu près, dans les calcaires de la Sarthe. Au nombre des Muscinées que l'on rencontre assez fréquemment dans la Mayenne, formant des associations particulières et paraissant caractériser la flore bryologique de ce département, nous citerons : *Rhacomitrium heterostichum* Brid., *R. lanuginosum* Brid., *R. aciculare* Brid., *Grimmia Schultzii* Wils., *Ptychomitrium polyphyllum* B. E., *Schistidium ciliatum* Brid., *Bartramia pomiformis* Hed., *Conomitrium Julianum* Mont., *Orthotrichum rivulare* Turn., *Grimmia rivularis* Brid.,

Dicranum Bruntoni Sm., *Antitrichia curtipendula* Brid., *Pterygophyllum lucens* Brid., *Climacium dendroides* W. et M., *Hypnum undulatum* L., *Hylocomium brevirostrum* B. E., *H. squarrosum* B. E., *H. loreum* B. E., *Brachythecium plumosum* B. E., *Fontinalis squamosa* L., *Neckera pennata* Hed., *N. pumila* Hed., *Leptohymenium gracile* Hub., *Jungermannia emarginata* Ehrh., *J. Funckii* W. et Moh., *J. byssacea* Roth, *J. undulata* L., *J. attenuata* Lind., *J. tomentella*, *Targionia hypophylla* L., *Sphærocarpus Michelii* Bell., *Rebouillia hemisphærica* Raddi.

Les *Rhacomitrium*, Mousses essentiellement silicicoles, abondent sur les roches primitives et sur les schistes de la Mayenne ; toutes, à l'exception du *Rhacomitrium canescens* Brid., sont peu communes dans le haut Maine, où on ne les trouve guère que sur les phyllades, qui établissent le passage entre les terrains primitifs de la Mayenne et les terrains secondaires de la Sarthe.

Les *Rhacomitrium heterostichum* Brid., *lanuginosum* Brid. et *Grimmia Schultzii* Wils., croissent fort souvent ensemble ; le second, quand il est isolé, couvre parfois totalement les blocs granitiques et porphyritiques de ses larges touffes laineuses. Il croît abondamment sur les porphyres quartzifères de Laval et d'Aron ; les granites de Jublains, Evron, Mézangé, Bais, Connée ; les euritines phylladifères zonaires de Voutré ; les quartz de Torcé en Charnie, Vimarcé, Saint-Germain de Coulamer. Au sud de Laval, dans la direction de Château-Gontier, le *Rhacomitrium lanuginosum* est tout aussi répandu sur les roches feldspathiques isolées (diorite, eurite, porphyre, pétrosilex) de Bouère et de Saint-Denis d'Anjou, que sur les roches micacées et les roches amphiboliques (diorite granitoïde et compacte) de Saint-Sulpice et de Saint-Germain. On le chercherait vainement sur le calcaire à texture compacte et rarement cristalline de Beaumont et de Grez en Bouère (*Mayenne*). Arrivés vers les frontières de la Sarthe, nous le retrouvons fructifiant chaque année sur les énormes blocs porphyritiques de Sillé-le-Guillaume et de Sougé-le-Ganelon.

Quant aux *Rhacomitrium heterostichum* et *Grimmia Schultzii*, nous pouvons les observer dans les mêmes localités, et nous

ferons observer que ces deux Muscinées se rencontrent aussi bien sur les schistes que sur les porphyres ; ce que nous ne pouvons dire du *Rhacomitrium lanuginosum*, qui semble préférer, dans le Maine du moins, les roches éruptives, et notamment le porphyre quartzifère.

A Laval, Mayenne, Aron, Jublains, Bais, Izé, Connée, Évron (*Mayenne*), Sillé-le-Guillaume, Mont-Saint-Jean (Sarthe), là où les porphyres et les blocs granitiques abondent, les *Rhacomitrium heterostichum* et *Grimmia Schultzii* ne sont pas rares; mais c'est surtout sur les phyllades tégulaires de Rouez en Champagne, Rouessé-Vassé, Saint-Georges le Gaultier, Douillet, Fresnay-sur-Sarthe; sur les schistes ampéliteux de cette ancienne province du Maine, désignée sous le nom de *Charnie*, que ces deux Muscinées sont abondantes. Située entre le Mans et Laval, cette contrée est, ainsi que nous l'avons dit (1), un pays coupé, montueux, humide et froid ; son sol appartient en majeure partie aux terrains de transition. On y trouve des granites, des porphyres quartzifères, des pétrosilex, du jaspe, dans la partie nord, c'est-à-dire aux environs de Sillé-le-Guillaume, Montreuil-le-Chétif, Mont-Saint-Jean (*Sarthe*), Saint-Martin de Connée, Vimarcé, Torcé en Charnie, Izé (*Mayenne*), où domine le *Rhacomitrium lanuginosum ;* tandis que sur les ampélites avec grapholithes de Neuvillette, les phyllades de Parennes, Étival en Charnie, Saint-Denis d'Orques, Brulon, Viré, Poillé (*Sarthe*), Sainte-Suzanne, Saint-Jean sur Erve, Thorigné, Saulges (*Mayenne*), les *Rhacomitrium heterostichum* et *Grimmia Schultzii* couvrent, dans certains endroits, presque complétement les roches.

Le *Rhacomitrium aciculare*, Muscinée des lieux inondés, habite les blocs de grès ou de quartz le long des rivières et des ruisseaux de la Charnie. Les rivières où l'on observe ce *Rhacomitrium* sont : l'Erve, qui, sur plusieurs points, roule ses eaux encaissées au milieu d'une double chaîne de rochers la dominant à pic, souvent à plus de 20 mètres de hauteur; le Treulon, l'Orthe, la Vègre, qui coulent dans des vallées très-pittoresques. Les loca-

(1) Voy. L. Crié, *Flore comparée des terrains jurassiques de la Champagne du Maine et des terrains siluriens de la Charnie* (Sarthe et Mayenne).

lités que nous connaissons abritent, outre le *Rhacomitrium aciculare*, l'*Endocarpon fluviatile* DC., lichen assez commun dans les eaux des terrains siliceux de la Charnie, mais très-rare ailleurs. Une Algue, le *Lemanea fluviatilis* Ag., nulle ou à peu près dans les eaux calcaires de la Sarthe, se rencontre quelquefois aussi en compagnie du *Rhacomitrium* et de l'*Endocarpon*.

Le *Rhacomitrium aciculare*, si rare dans les ruisseaux du nord, de l'est et du sud de la Sarthe, est au contraire abondant dans tout le bassin de la Mayenne (1), constitué par la rivière qui porte son nom, et un certain nombre de ruisseaux qui viennent en augmenter l'importance. Les principales Muscinées que nous y avons observées sont les *Orthotrichum rivulare* Turn., *Grimmia rivularis* Brid., *Fontinalis squamosa* L. et *Conomitrium Julianum* Mont.

L'*Orthotrichum rivulare* Turn., Muscinée généralement peu commune en France, est assez répandu dans le bas Maine. Signalée tout d'abord en Normandie, aux environs de Vire et de Falaise (De Brebisson), puis dans le Maine, aux environs d'Aron (Crié), nous l'avons récemment observée sur plusieurs autres points de la Mayenne. Cet Orthotric croît assez abondamment sur les grès inondés, dans les ruisseaux des environs d'Aron, Izé, Bais, Torcé en Charnie et Mézangé. Plus d'une fois il

(1) La Mayenne est, sans contredit, une des plus belles rivières de France; son eau est généralement limpide, et si quelquefois elle présente une coloration noirâtre, d'où son nom : *flumen nigrum*, c'est uniquement en raison du terrain sur lequel elle coule et surtout de certains végétaux qu'elle abrite. Cette rivière renferme un nombre considérable de végétaux cellulaires tant acrogènes qu'amphigènes, et parmi ces derniers nous citerons avant tout les Algues, qui suffisent à elles seules pour communiquer à ses eaux cette coloration trouble, verdâtre ou rougeâtre que nous observons surtout en été. Les Algues les plus répandues sont les *Solenia intestinalis* Ag., *S. compressa* Ag., *Vaucheria racemosa* DC., *V. cæspitosa* DC., *V. sessilis* DC., *V. dichotoma* Lyngb., *V. sericea* Lyngb., *Lemanea fluviatilis* Ag., *L. fucina* Bory, *L. torulosa* Ag., *Zygnema nitidum* Ag., *Z. deciminum* Ag., *Z. quininum* Ag., *Conferva fracta* Dillw., *C. capillaris* Ag., *Bangia atro-purpurea* Ag., *Trentepohlia pulchella* Ag., *T. chalybea* Desp., *Batrachospermum moniliforme* Roth., *B. helminthosum* Ag., *B. tenuissimum* Dub., *B. Dillenii* Dub., *Fragilaria pectinalis* Lyngb., *Meridion circulare* Ag., *Frustulia splendens* Kut. — Comme nous l'avons fait observer, le *Trentepohlia pulchella* Ag. (*Conferva nana* Dillw., t. XXX, *Engl. Bot.*, t. 2585, Chauv., *Alg. norm.*, 79) recouvre fréquemment, dans la Mayenne, les feuilles du *Fontinalis antipyretica*. (Voy. L. Crié, *Observations sur la flore de la Champagne du Maine*, p. 16.)

nous a été donné de le recueillir en compagnie des *Grimmia rivularis*, Mousse peu répandue, et *Fontinalis squamosa* L. Cette dernière espèce est une de celles que nous rangerions volontiers parmi les Muscinées caractéristiques de notre région occidentale. Elle se trouve çà et là en Normandie, où elle a été observée par M. Pelvet (1); nous l'avons recueillie, assez abondante dans le Maine, aux environs de Mayenne, Connée, Saint-Pierre sur Orthe, toujours dans les eaux froides des terrains siliceux ou granitiques (2).

La distribution géographique du *Conomitrium Julianum* Mont. est également bien remarquable. Partant de l'extrémité de la Bretagne, le bryologue pourra l'observer dans les fontaines des environs de Brest. Notre excellent ami A. Legal, dont nous déplorons la perte récente (3), nous a adressé plusieurs échantillons de *Conomitrium* récoltés sur différents points de la Bretagne où il est assez abondant : (*Côtes-du-Nord*) Saint-Brieuc; (*Morbihan*) Quiberon, Vannes, Morlaix, Josselin; (*Ille-et-Vilaine*) Saint-Malo (4).

Dans son *Synopsis Muscorum europæarum*, M. Schimper dit, en parlant de l'habitat de ce *Skitophyllum* : « Hab. In saxis ri-» vulorum et præprimis in parietibus internis lapideis alveorum » fontium publicarum hic illic per totam Europam meridiona-» lem. In rivulis ad radices M. Juliani Etruriæ, ubi Michelius » detexit, copiose in Armoria prope *Fougères*, etc. » Cette localité de Fougères en Bretagne, dont parle l'illustre cryptogamiste, a été indiquée par la Pylaie, qui observa, l'un des premiers en France, le *Conomitrium Julianum* Mont., en même temps que le très-rare *Fissidens grandifrons* Brid. (5).

A quelque distance de Fougères, nous retrouvons le *Skito-*

(1) Ce *Fontinalis* existe encore, en Normandie, aux environs de Mortain. (Voy. Husnot, *Fl.*, p. 140.)

(2) L. Crié, *Obs. sur la flore de la Champagne du Maine*, et Th. Husnot, *Fl. analyt. et descript.*, p. 140.

(3) Nous devons à ce jeune et zélé bryologue la découverte, dans notre région de l'Ouest, du très-rare *Schistostega osmundacea* Web.

(4) Schimp., *Synopsis Muscorum europ.*—Le *Conomitrium Julianum* n'a pas encore été trouvé en Normandie.

(5) *In Gallia occidentali, prope Fougères, ubi la Pylaie detexit.*

phyllum fontanum la Pyl. tout aussi commun sur les blocs granitiques et porphyritiques inondés dans les cours d'eau, et sur quelques points des rivières de la Mayenne, près de Pré en Pail, Mayenne et Château-Gontier (1). Assez abondante dans les rivières à courant peu rapide, telles que le Vaige et l'Orthe, cette même Muscinée n'est guère plus rare sur les parois des petites fontaines naturelles du bas Maine, où nous l'avons recueillie maintes fois en compagnie des *Batrachospermum tenuissimum*, *helminthosum* et *Dillenii*. Mais, à mesure que l'on s'éloigne des roches primitives de la Mayenne, cette même Fissidentacée devient de plus en plus rare, et nous ne l'observons plus qu'au Mans, sur les piles du pont de Saint-Jean (2).

Le *Dicranum Bruntoni* Sm., que la flore du Maine confond avec le *Dicranum polycarpum*, espèce bien distincte, accuse encore, dans les contrées que nous avons explorées, sa préférence marquée pour les roches primitives. Nous pouvons dire que ce *Dicranum* manque ou à peu près sur les roches calcaires du nord, de l'est, du centre et du sud de la Sarthe. Quittant les calcaires carbonifères de Sablé et de Juigné-sur-Sarthe, et remontant vers le nord, nous observons le *Dicranum Bruntoni* sur les grès des environs de Brulon et de Chemiré en Charnie. S'avance-t-on plus encore vers le nord, nous pouvons le recueillir abondamment sur les quartz et les eurites de Sillé-le-Guillaume, Mont-Saint-Jean, Rouez en Champagne, etc.

Deux Muscinées, l'*Anictangium ciliatum* Hedw. et le *Bartramia pomiformis* Hedw., très-répandues dans les terrains siliceux de la Mayenne, franchissent les limites que ne dépassent guère les *Rhacomitrium*, et pénètrent jusqu'au centre de la Sarthe. Partant de l'extrémité de la Mayenne, nous rencontrons, pour ainsi dire à chaque pas l'*Anictangium ciliatum*, sur les granites d'Aron, Laval, Évron ; sur les schistes de Sainte-Suzanne, Chemeré, Saulges, Saint-Jean sur Erve, Viviers, Torcé, Voutré, Assé-le-Bérenger, Saint-Georges sur Erve, Saint-Germain de Coulames, Vimarcé (Mayenne) ; sur les schistes anciens de l'époque silurienne de la Charnie : Neuvillette, Étival en

(1) Voy. Husnot, *Fl. anal. et descript.*, p. 63.
(2) Desportes, *Fl. du Maine*, p. 350.

Charnie, Rouez en Champagne, Parennes, Sillé-le-Guillaume, Pezé-le-Robert, Montreuil-le-Chétif, Saint-Georges le Gaultier (Sarthe).

Arrivés vers l'est de la Mayenne, sur les limites de la Sarthe, nous observons une chaîne de petites montagnes habitées par l'*Anictangium*. Ces collines, connues sous le nom de *Coëvrons* (Couevrons), commencent à l'ouest de la Sarthe, vers Rouessé-Wassé, où elles se ramifient avec celles de Sillé-le-Guillaume, Mont-Saint-Jean et Saint-Léonard des Bois, au nord ; à l'ouest, elles se prolongent sur Parennes, et entrent ensuite dans la Mayenne pour se lier avec celles de Rochard et de Montaigu, aux environs de Bais. Ce chaînon de montagnes, de 25 à 30 kilomètres d'étendue, atteint dans quelques parties jusqu'à 500 mètres d'élévation ; il appartient, ainsi que nous l'avons démontré, aux terrains primitifs granitoïdes (1).

Les Coëvrons offrent au botaniste deux flores assez nettement distinctes, suivant qu'il herborise sur le sommet ou au bas de ces collines : les prairies peu riantes qui s'étendent des deux côtés de la chaîne sont parfois remplies de *Lobelia urens* L. et d'*Erica ciliaris* L., tandis que le *Wahlenbergia hederacea* DC. tapisse les haies et les fossés ; mais quittant ces prairies et à mesure que l'on approche du sommet, l'*Erica ciliaris* disparaît pour faire place aux *Lepidium Smithii* Hook., *Hypericum linearifolium* L. et *Sedum anglicum* Huds.

Au milieu des *Calluna vulgaris* Salisb., *Erica tetralix* L. et *cinerea* L., le botaniste rencontrera assez fréquemment, mêlé aux *Cenomyce rangiferina* Ach. et *Cetraria glauca* Ach., le *Lycopodium clavatum* L., plante très-rare ou nulle dans le haut Maine, et connue ici sous le nom d'*Eguaire*, puisqu'elle a la réputation de faire perdre aux gens la mémoire de leur route !

Sur les roches granitiques et quartzeuses, le cryptogamiste pourra recueillir, outre les *Rhacomitrium heterostichum* Brid., *Pogonatum aloides* Beauv., *Anictangium ciliatum* Hedw., les *Gyrophora pustulata* Ach., *G. murina* id., *Lecidea confluens* id.,

(1) Voy. L. Crié, *Observations sur la flore de la Champagne du Maine et de ses environs*.

L. geographica Fries, *Parmelia saxatilis* Ach., Lichénées qui forment souvent des associations intéressantes.

Quelque temps interrompus, les Coëvrons, ou du moins des chaînons non moins élevés qui semblent en être la continuation, apparaissent à quelque distance de Sillé-le-Guillaume (montagnes des Bruyères), où l'*Anictangium* couvre parfois totalement les blocs de grès et de quartz. Plus au nord et en suivant toujours la même direction, nous trouvons vers Montreuil-le-Chétif un pays désigné sous le nom de *Bercons*. Le sol de cette contrée, rempli de fondrières, où croît presque le seul *Vaccinium Myrtillus* L., est difficile à traverser, et le bryologue peut y récolter : *Ephemerum serratum* Hampe, *Sphærangium muticum* Sch., *Pleuridium subulatum* B. E., *Polytrichum Diksoni* Turn., *Barbula fallax* Hed., *convoluta* Hed., *rigida* Schultz, *aloides* B. E., *Jungermannia byssacea* Roth, *Funckii* Web. et Mohr., *Sphærocarpus Michelii* Bell.

Outre les localités citées, nous en trouvons encore dans la Sarthe quelques-unes où cette Muscinée croît çà et là, mais toujours peu commune. M. Desportes l'a observée sur les grès du terrain tertiaire de Saint-Aubin et de Saint-Pavace près le Mans ; M. Diard (voy. *Cat.*) la signale encore sur les rochers de grès de Saint-Calais, à l'extrémité est de la Sarthe, sur les confins de Loir-et-Cher.

Quant au *Bartramia pomiformis*, nous l'avons recueilli dans toutes les parties du Maine, habitant les sables des divers étages géologiques; mais, ainsi que nous l'avons fait observer, ce *Bartramia* est surtout abondant dans le bas Maine. Croissant çà et là aux environs du Mans (Pontlieue, Yvré-l'Évêque, Ardenay), dans ces mêmes localités où nous voyons fleurir chaque année les *Helianthemum alyssoides* Vent., *H. umbellatum* Mill., *Astrocarpus purpurescens* Walp., il offre le plus souvent des individus rabougris, comme le sont, du reste, ceux des sables à sous-sol crétacé et à sous-sol jurassique de la Sarthe. Mais quittant le centre et s'avançant vers l'ouest, on est tout étonné de rencontrer dans les forêts épaisses de la Charnie, ainsi que dans celles de Laval, Mayenne, Jublains, à l'ombre des Chênes et des Hêtres, le *Bartramia pomiformis*, qui, atteignant parfois jusqu'à

10 centimètres de hauteur, forme sur la terre des tapis verts du plus bel effet.

Cette Diplopéristomée silicicole abonde également en Bretagne.

La grande famille des Hypnacées (*Hypnaceæ*) nous offre dans la Mayenne quelques espèces intéressantes à étudier au point de vue qui nous occupe ici : ce sont les *Pterigynandrum gracile* Hed., *Climacium dendroides* W. et M., *Hylocomium squarrosum* B.E., *loreum* B. E., *brevirostrum* B. E.

Le *Pterigynandrum gracile* Hed., Muscinée pleurocarpe des granites et des porphyres de Laval, Mayenne, Château-Gontier, Évron (Mayenne), reparaît dans la Sarthe, mais toujours sur les confins de la Mayenne, vers Chemiré en Charnie, Sillé-le-Guillaume, Saint-Georges le Gaultier, Fresnay et Saint-Léonard des Bois. En rangeant cette Hypnacée parmi les Mousses qui forment dans le bas Maine des associations particulières, et qui, pour la plupart, sont essentiellement silicicoles (*Rhacomitrium*, *Phycomitrium*, etc.), nous devons prévenir que nous ne la considérons nullement comme telle. Bien que, dans toutes les localités du Maine où abonde le *Pterigynandrum*, nous l'ayons constamment recueilli sur les granites, les porphyres et les schistes, nous savons cependant que le savant auteur de la *Flore du Maine* l'a également observé, au sud du département de la Sarthe, sur les rochers de calcaire carbonifère de Sablé. Nous l'avons inutilement cherché au centre et à l'est de la Sarthe.

Le *Climacium dendroides* W. et M. semble ne pas avoir de préférence marquée pour un terrain plutôt que pour un autre; il abonde cependant dans les prairies humides du sol granitique de Laval, Mayenne, Connée, en compagnie de l'*Œnanthe crocata* L., Ombellifère trop commune dans le bassin du Maine. La Sarthe ne nous a guère offert que quelques localités isolées de *Climacium*.

Son congénère, l'*Isothecium myurum* Brid., accuse également sa préférence pour les roches siliceuses; c'est une des Muscinées les plus communes du bas Maine, avec l'*Anictangium*. Nous pouvons affirmer qu'elle se rencontre sur tous les blocs primitifs, plus rarement au pied des arbres. Elle descend dans la Sarthe

vers les forêts de la Charnie, et on la retrouve par hasard, çà et là et comme perdue, sur quelques grès du haut Maine.

Les *Hylocomium squarrosum*, *loreum* et *brevirostrum*, rangés par Hubener dans la section des *H. triquetra*, ne sont pas rares dans les forêts, les bois et les taillis du bas Maine.

L'*Hylocomium squarrosum*, en partant de l'extrémité ouest de la Sarthe, est une des Hypnacées les plus fidèles aux forêts de Sillé-le-Guillaume et de la Charnie ; on le trouve aussi abondant à l'est et au sud de la Mayenne (1).

Une Neckéracée du genre *Antitrichia*, l'*A. curtipendula* Brid., la seule espèce que nous possédions en Europe, doit être considérée comme spéciale aux granites, porphyres et quartz de la Mayenne. Partant toujours des localités les plus occidentales de la Sarthe, le bryologue pourra récolter l'*Antitrichia* depuis les schistes siluriens de Saint-Léonard des Bois, près des confins de l'Orne ; les grauwackes schisteuses de Saint-Georges le Gaultier, jusque sur les schistes ardoisiers de Rouez en Champagne, Neuvillette, Parennes, et les schistes ampéliteux de Saint-Denis d'Orques et de Chemiré en Charnie. A Sillé-le-Guillaume, il habite les quartz et les grès en compagnie des *Jungermannia attenuata* et *Sticta scrobiculata ;* puis, en deçà des schistes de la Charnie qui font le passage entre les terrains d'origine ignée de la Mayenne et les terrains secondaires de la Sarthe, l'*Antitrichia* est tout aussi commun sur les blocs granitiques de Connée, Izé, Bais, Jublains, Évron, que sur les porphyres d'Aron et de Mayenne. Il progresse de plus en plus vers l'ouest, se montre en abondance sur les porphyres de Fougères (Ille-et-Vilaine) et dans tout le reste de la Bretagne.

Le *Pogonatum aloides* P. B., autre Muscinée de la famille des Polytrichées et abondante dans la Mayenne, forme, là où il croît, de nombreuses colonies. Nous l'avons souvent observé tantôt sur le revers des fossés, tantôt au milieu des landes siliceuses ou schisteuses, depuis les localités extrêmes d'Ernée, Aron, Mayenne, Laval, Jublains, jusque sur les schistes de la Charnie, où il n'est nulle part plus répandu. De tous les terrains, le *Pogo-*

(1) L'*Hylocomium squarrosum* croît fréquemment sur le bord de nos étangs, mêlé à l'*Airopsis agrostidea* DC.

natum aloides paraît affectionner davantage, dans le Maine du moins, les terrains de transition. Nous l'avons très-souvent recueilli en excessive abondance sur les schistes ardoisés de Saint-Léonard des Bois, Saint-Georges le Gaultier, Douillet, Parennes, Rouez en Champagne (Sarthe), Saint-Germain de Coulames (Mayenne) ; les schistes argileux de Rouessé-Vassé, Sillé-le-Guillaume, Neuvillette, au milieu des champs cultivés, en compagnie des *Hymenostomum microstomum* R. et B., *Physcomitrium piniforme* Brid., *Entosthodon fasciculare* Sch., *Barbula cuneifolia* Brid., *B. aloides* B. E., *B. rigida* Schultz, *Didymodon homomallum* Hed., *Gymnostomum microstomum* Hed., *Didymodon rubellum* B. E., *Trichostomum pallidum* Hed., *T. convolutum* Brid., *Ptychomitrium polyphyllum* B. E., *Orthotrichum Hutchinsiœ* Sm., *Sphærocarpus Michelii* et *Riccia glauca*.

Il existe également, quoique plus rare, sur les porphyres et les granites de Mayenne, les eurites de Voutré, les quartz et les porphyres de Saint-Léonard des Bois. Rare vers le sud de la Sarthe, le *Pogonatum aloides* apparaît aux environs de Moulins-le-Carbonel et de Gesne-le-Gaudelin, au nord de la Sarthe, sur le schiste micacé maclifère et le schiste argileux, avec les *Antitrichia*, *Pterigynandrum*, *Anictangium*, *Rhacomitrium* et toutes les autres Muscinées silicicoles.

La flore bryologique de la partie supérieure du bassin de la Sarthe, rivière assez mal encaissée dans cet endroit, et dont le cours si considérable autrefois est maintenant si faible, offre au cryptogamiste, sur les blocs de granites et de syénites inondés, les galets d'eurite porphyritique de grauwacke et de phtanite, ainsi que sur les collines qui la bornent, un bon nombre de Cryptogames observées par nous dans le bas Maine.

Les localités de Saint-Léonard des Bois, Sougé-le-Ganelon, Saint-Paul et Saint-Georges le Gaultier, qu'arrose la Sarthe, voient croître sur leurs rives ou dans les petits ruisseaux environnants : *Fontinalis squamosa* L., *Rhacomitrium aciculare* Brid., *Pterygophyllum lucens* Brid., *Brachythecium plumosum* Sw., *Gymnomitrion multifidum* Hub., *Jungermannia undulata* L., *Endocarpon fluviatile* DC., *Lemanea fluviatilis* Ag.

D'Alençon (Orne) à Fresnay, sur les coteaux élevés et abrupts de Saint-Cénery, Saint-Léonard, Saint-Paul le Gaultier, les Alpes de notre contrée, auxquels le *Cladonia rangiferina*, qui y domine, donne une teinte neigeuse, le cryptogamiste rencontrera, outre les Muscinées signalées plus haut : *Plagiothecium undulatum*, *Tetraphis pellucida*, *Diphyscium foliosum*, *Buxbaumia aphylla*, *Jungermannia emarginata*, *byssacea*, *Targionia hypophylla*, *Cetraria pubescens*, *Sticta sylvatica*, *Parmelia omphaloides*, *aquila*, *Isidium corallinum*, *Umbilicaria grisea*, *Sphærophoron coralloides*.

Plus au sud, de Fresnay au Mans, la flore bryologique de la vallée de la Sarthe devient plus pauvre, à mesure qu'apparaissent sur les roches calcaires, les Muscinées et autres Cryptogames calcicoles.

Voyons maintenant quelles sont les Muscinées que l'on rencontre sur toute l'étendue des terrains secondaires de la Sarthe, et qui semblent caractériser la bryologie de ce département. Le bryologue, qui, après avoir exploré les montagnes primitives de la Mayenne, descend vers les plaines de la Sarthe, a lieu d'être étonné en voyant la nouvelle flore bryologique qui s'offre à lui, pauvre et monotone comme celle des calcaires : les *Rhacomitrium*, une espèce exceptée ; *Ptychomitrium*, *Anictangium*, *Hylocomium*, *Cynodontium*, *Eurynchium*, *Antitrichia*, *Leptohymenium*, *Pogonatum*, *Pterigophyllum*, *Brachythecium*, etc., ont disparu pour faire place aux *Hypnum commutatum* Hed., *H. aduncum* Hed., *H. molluscum* Hed., *Rhynchostegium rusciforme* B. E., *Camptothecium lutescens* Sch., *Cinclidotus fontinaloides* P. B., *Neckera crispa* Hed., Muscinées pour la plupart calcicoles et caractéristiques des plaines du haut Maine.

Deux *Hypnum* de la section des *Filicina* (Hub.) abondent le plus souvent, avec les *Hypnum stellatum* et *cuspidatum*, dans les prairies humides et les fossés de cette ancienne contrée du Maine, désignée sous le nom de *Champagne* (1). Les coteaux jurassiques de la Champagne, qui voient fructifier dans les parties découvertes, les *Rhacomitrium canescens*, *Polytrichum*

(1) Voy. L. Crié, *Flore comparée des terrains jurassiques de la Champagne du Maine, etc.*

piliferum, *Ceratodon purpureus*, etc., sont souvent pour le bryologue d'une pauvreté désolante ; quelquefois, cependant, il est dédommagé de ses fatigues par la découverte des *Barbula membranifolia* Hook. et *Funaria calcarea* (1) Wahl., Mousses peu communes.

Les roches calcaires disséminées çà et là ne lui offrent plus ces innombrables Lichens et autres Cryptogames cellulaires amphigènes observés sur les blocs granitiques et porphyritiques de la Mayenne. Mais, en revanche, les quelques espèces qu'il pourra récolter, telles que *Biatora decipiens* Brid., *lurida* Fries, *Lecidea immersa* Ach., sont presque étrangères aux blocs primitifs.

La flore phanérogamique de ces mêmes collines est de beaucoup plus riche que la flore cryptogamique.

Comme nous l'avons dit ailleurs (2), le botaniste peut y voir fleurir chaque année : *Thalictrum montanum* Wallr., *Anemone Pulsatilla* L., *Anthyllis Vulneraria* L., *Thymus humifusus* Berol, *Campanula glomerata* L., *Asperula Cynanchica* L., *Origanum megastachyum* Link, *Aceras anthropophora* R. Br., *hircina* Lindl., *Ophrys muscifera* Huds., *arachnites* Reich., *apifera* Sm., *Carex gynobasis* Vill. et *Melica ciliata* Auct.

Les ruisseaux qui abritent le *Cinclidotus fontinaloides* P.B. renferment aussi quelques rares *Chara* et *Ulva*. Dans ces mêmes prairies de la Champagne croissent quelquefois, outre les *Hypnum* cités : *Bryum palustre*, *Aulacomium androgynum* Schw., et le long des cours d'eau : *Mnium punctatum* Ts, *Rebouillia hemisphœrica* Raddi, et *Fegatella conica*.

Plus au nord de la Sarthe, commence une nouvelle contrée très-naturelle, connue sous le nom de *Saosnois* (Sonnesium), et offrant au bryologue une flore qui diffère tant soit peu de celle de la Champagne. Cette vaste plaine est sillonnée par un grand nombre de ruisseaux peu importants qui abritent le *Cinclidotus fontinaloides* P.B., Mousse acrocarpe que nous avons également

(1) Conlie, Neuvillalais, Crissé en Champagne. — Husnot, *Fl. anal. et descr. des Mousses du nord-ouest*, p. 116.

(2) Voy. L. Crié, *Flore comparée des terrains jurassiques de la Champagne du Maine, etc.*

signalée dans la Champagne et qui caractérise, chez nous du moins, les eaux calcarifères.

En considérant le Saosnois dans sa plus grande extension, c'est-à-dire s'étendant au nord et à l'ouest jusqu'à la Sarthe et au sud jusqu'au Fertois, nous trouvons le calcaire se rattachant au nord- nord-ouest, et à l'ouest aux terrains granitiques et schisteux, là où croissent et comme égarés toute la cohorte des *Rhacomitrium*, l'*Anictangium*, le *Dicranum Bruntoni*, qui forment des colonies souvent intéressantes, se perpétuant, mais sans s'étendre et sans franchir les schistes et les granites qui les séparent du calcaire jurassique. Le calcaire du Saosnois est recouvert au nord par un terrain de transition composé de grès, de phyllades, d'eurites porphyritiques, sur lequel est plantée la forêt de Perseigne. Cette forêt, enclavée au milieu du calcaire jurassique, offre au botaniste une flore parfaitement distincte de celle du reste de la contrée. Il pourra y recueillir toutes les plantes silicicoles et bon nombre de celles que nous avons signalées dans les forêts de la Charnie, à l'exception des *Hypericum linearifolium* L., *Erica ciliaris* L. et *Airopsis agrostidea* DC.

L'*Anictangium*, les *Isothecium*, *Bartramia*, *Pogonatum Antitrichia*, et sur les Hêtres le *Neckera pumila* (1) Hed., se rencontrent çà et là.

Mais à peine a-t-on quitté ce lambeau schisteux, que les *Ranunculus Lenormandi* Schult., *Stellaria uliginosa* Murray, *Epilobium lanceolatum* Sch., *Anictangium*, *Isothecium*, etc., disparaissent pour être remplacés par les *Reseda lutea* L., *Helianthemum vulgare* L., *Anthyllis Vulneraria* L., *Hippocrepis comosa* L., *Campanula glomerata* L., *Ajuga genevensis* L., plantes des sols calcaires, mais surtout fidèles aux terrains jurassiques du Saosnois et de la Champagne du Maine, croissant assez communément sur les différents étages de cette formation géologique.

La flore bryologique nous présente une Muscinée peu commune dans la Champagne et très-abondante ici sur les collines

(1) Nous avons le premier distingué dans le Maine ce *Neckera* du *N. pennata* Hed., espèce beaucoup plus rare. M. Desportes paraît avoir confondu ces deux Muscinées, et les localités citées dans la *Flore du Maine* doivent être rapportées au *Neckera pumila* Hed.

jurassiques : le *Camptothecium lutescens* Sch.; à défaut de ce *Camptothecium*, les mêmes éminences sont parfois totalement couvertes de *Rhacomitrium canescens* et de *Polytrichum piliferum*, Mousses s'accommodant de tous les terrains et croissant depuis les granites et les schistes de la Mayenne jusque sur les sables des terrains secondaires et les sables de transport de l'époque tertiaire de la Sarthe.

Le *Barbula membranifolia* Hook. accompagne çà et là le *Camptothecium*, et sur les collines arides qui montrent le calcaire oolithique presque à nu, croissent assez fréquemment les *Campylopus flexuosus* Brid., *Neckera crispa* Hed. et *Grimmia crinita* Brid.

La flore bryologique des prairies du Saosnois est exactement la même que celle de la Champagne du Maine : les *Hypnum cuspidatum* L., *commutatum* Hed., *molluscum* Hed., *stellatum* Schr., y abondent. En retrouvant ces mêmes plantes au sud et à l'est de la Sarthe, aussi communes dans les terrains crétacés de la Flèche et des environs, nous pouvons dire que, à l'exemple de certaines Phanérogames, ces *Hypnum*, de la section des *Mollusca* (Hub.), recherchent plutôt l'élément calcaire qu'un étage géologique particulier.

Au sud du Mans, nous observons, sur une étendue assez considérable, le terrain d'alluvion offrant des couches épaisses de sables quartzeux et de grès ferrugineux. Ces grès, qui abondent aux environs de Ruaudin, Mulsanne, Moncé en Belin, Guécélard, Cérans, voient croître quelques-unes des Muscinées silicicoles de la Mayenne. L'*Anictangium*, quoique rabougri, existe çà et là, et les cours d'eau abritent les *Fontinalis antipyretica* L. et *Hypnum ruscifolium* Neck.

En remontant plus au nord, on rencontre dans les marais et dans les *sphagneta* d'Ardenay, Saint-Mars la Bruyère, le Breil, etc., quelques Muscinées qui, très-rares dans le bas Maine, sont ici assez répandues. Les marais de Saint-Mars, alimentés par des eaux croupissantes, sont là, où la tourbe abonde, totalement remplis de *Sphagnum compactum* Arnot. (1), Mousse

(1) Ce *Sphagnum* croît dans un espace très-resserré, aux environs d'Aron (Mayenne).

que nous avons observée pour la première fois dans la Sarthe, il y a près de trois ans. Outre ce *Sphagnum*, nous pouvons encore citer comme étant assez commun : l'*Hypnum scorpioides* L., dans les bas-fonds marécageux le long du marais.

La plaine du Fertois, autre contrée du haut Maine appartenant aux terrains secondaires, présente au bryologue les Muscinées de la Champagne du Maine et du Saosnois.

En résumé, nous voyons qu'il existe dans le Maine deux flores bryologiques assez nettement tranchées : l'une, celle de la Mayenne, limitée à l'ouest par la Charnie, les terrains de transition (étages silurien inférieur et silurien moyen) de la Sarthe, et caractérisée par les : *Rachomitria* omnia, *Anictangium ciliatum*, *Bartramia pomiformis*, *Antitrichia curtipendula*, *Conomitrium Julianum*, *Climacium dendroides*, *Pogonatum aloides*, *Hylocomium squarrosum*, *loreum*, *brevirostrum*, *Fontinalis squamosa*, *Jungermannia attenuata*. etc., Muscinées silicicoles; l'autre, celle de la Sarthe, représentée par les *Barbula tortuosa*, *membranifolia*, *Camptothecium lutescens*, *Cinclidotus fontinaloides*, *Hypnum commutatum*, *molluscum*, Muscinées pour la plupart essentiellement calcicoles.

FIN DU VINGTIÈME VOLUME.

TABLE

GÉNÉRALE ALPHABÉTIQUE ET RAISONNÉE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LES 20 VOLUMES DE LA 5e SÉRIE,

SUIVIE D'UNE

TABLE GÉNÉRALE DES AUTEURS

TABLE

DES

ANNALES DES SCIENCES NATURELLES

Cinquième série (1865-1874)

TABLE DES MATIÈRES

PARTIE BOTANIQUE

A

B

C

D

E

G

H

J

K

L

M

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

X

Y

Z

FIN DE LA TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES.

TABLE DES AUTEURS

C

D

E

F

M

N

O

P

R

S

T

U

V

W

FIN DE LA TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS.

TABLE DES ARTICLES

CONTENUS DANS CE VOLUME.

ORGANOGRAPHIE, ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE VÉGÉTALES.

FLORES ET GÉOGRAPHIE BOTANIQUE.

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE.

TABLE DES MATIÈRES

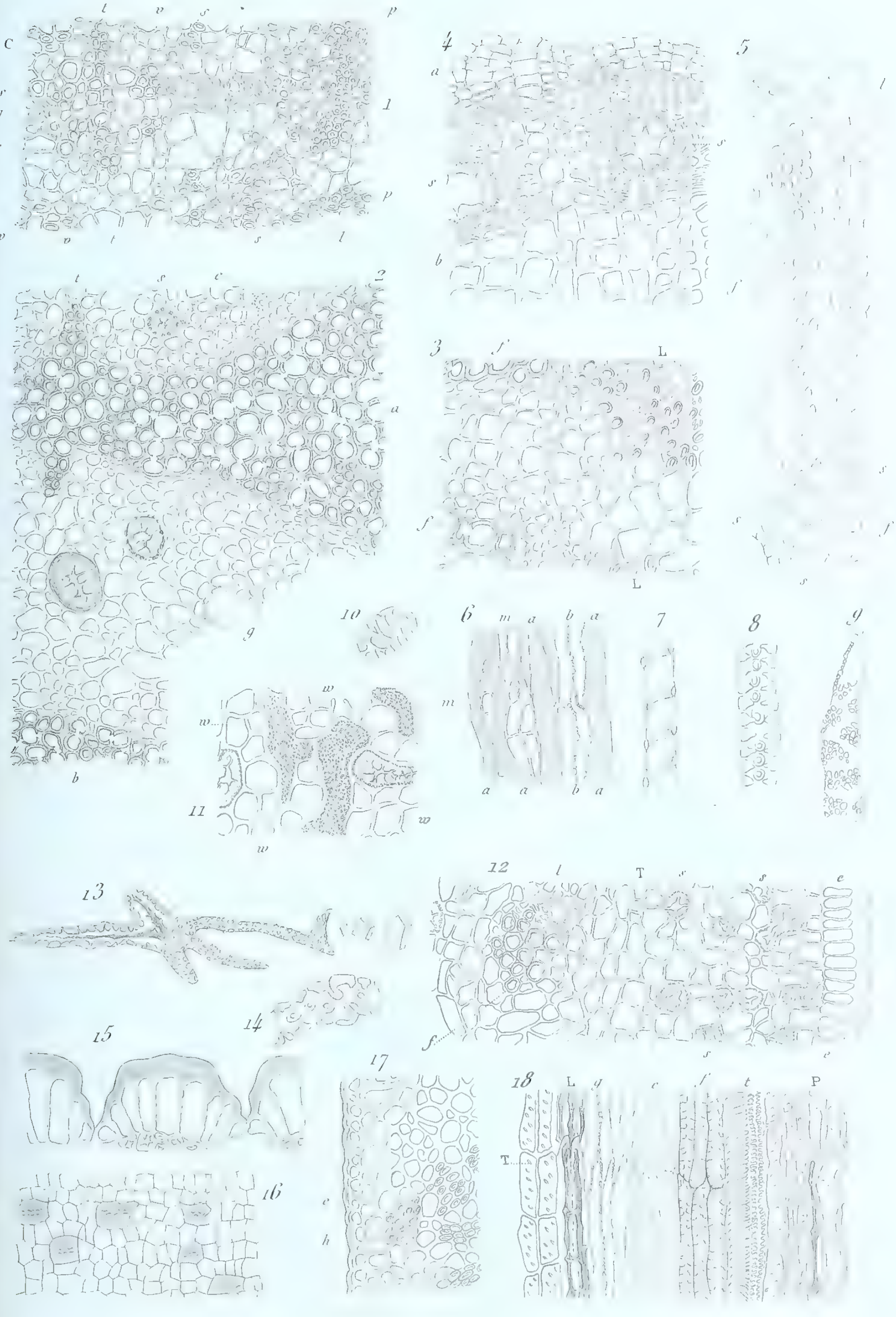
PAR NOMS D'AUTEURS.

TABLE DES PLANCHES

RELATIVES AUX MÉMOIRES CONTENUS DANS CE VOLUME.

FIN DES TABLES.

PARIS. — IMPRIMERIE DE E. MARTINET, RUE MIGNON, 2

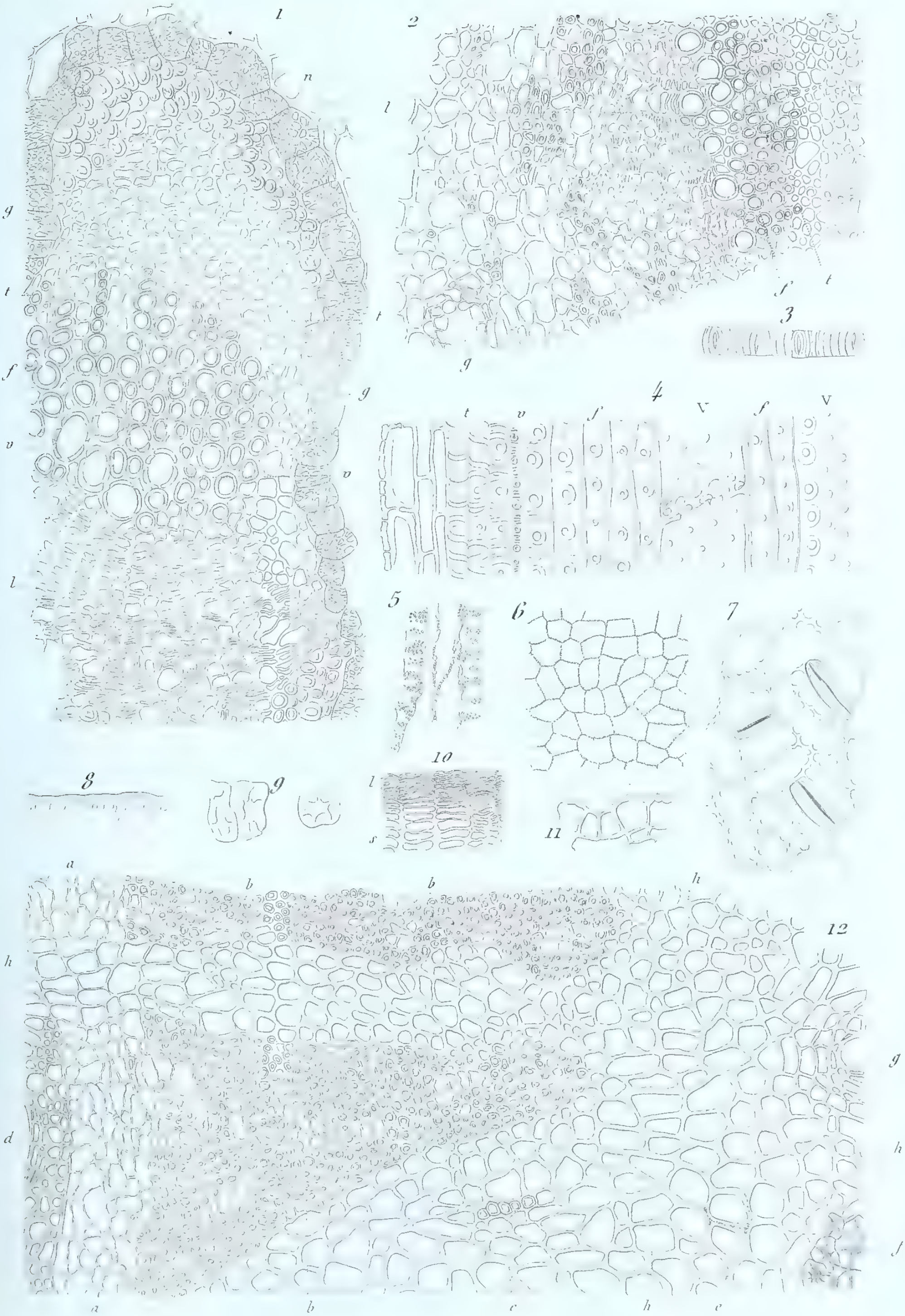


C. E. B.

Pierre sc.

Welwitschia Hook.

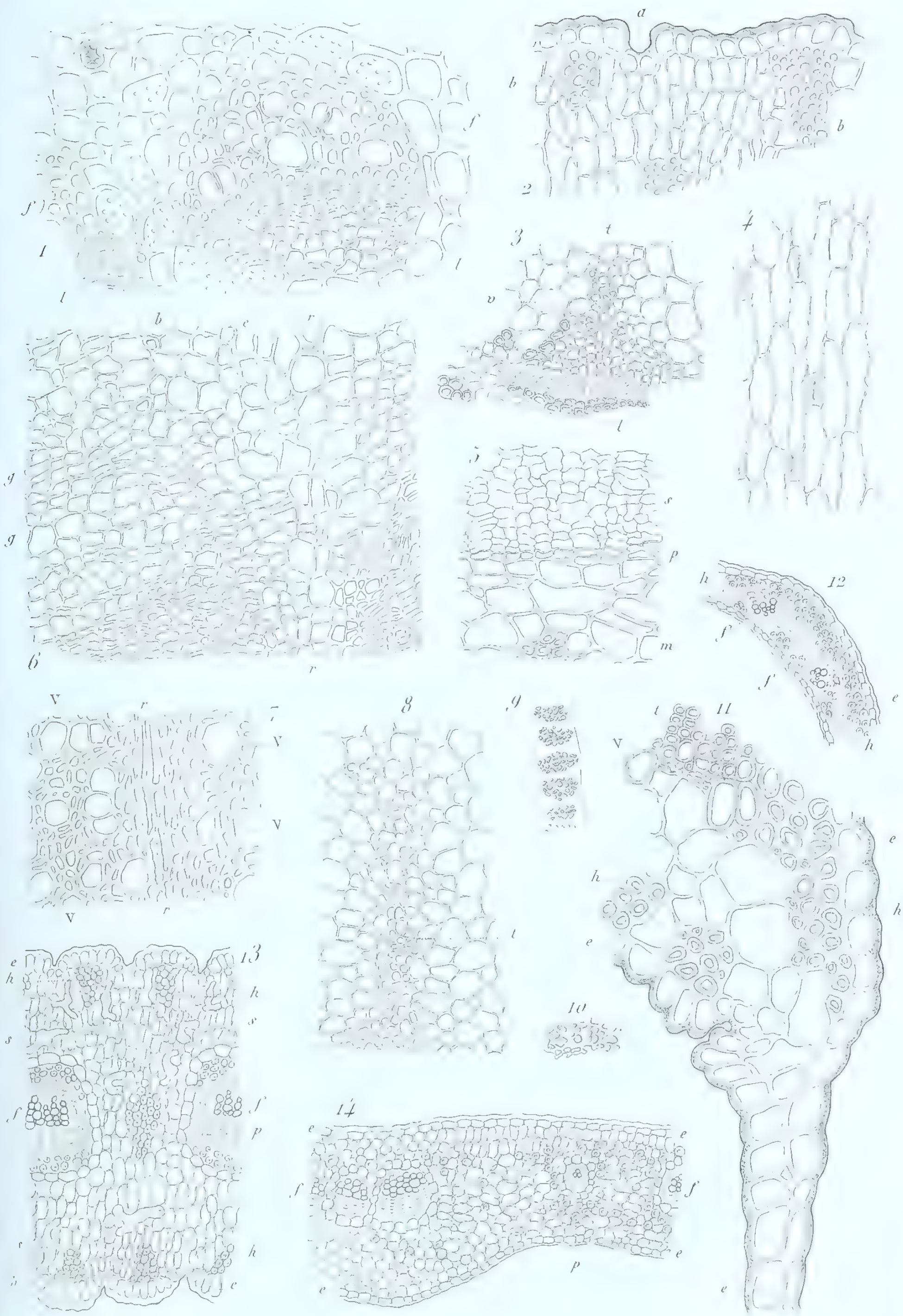
Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15, Paris.



C. E. B. Pierre sc.

Welwitschia Hook. Gnetum Linn.

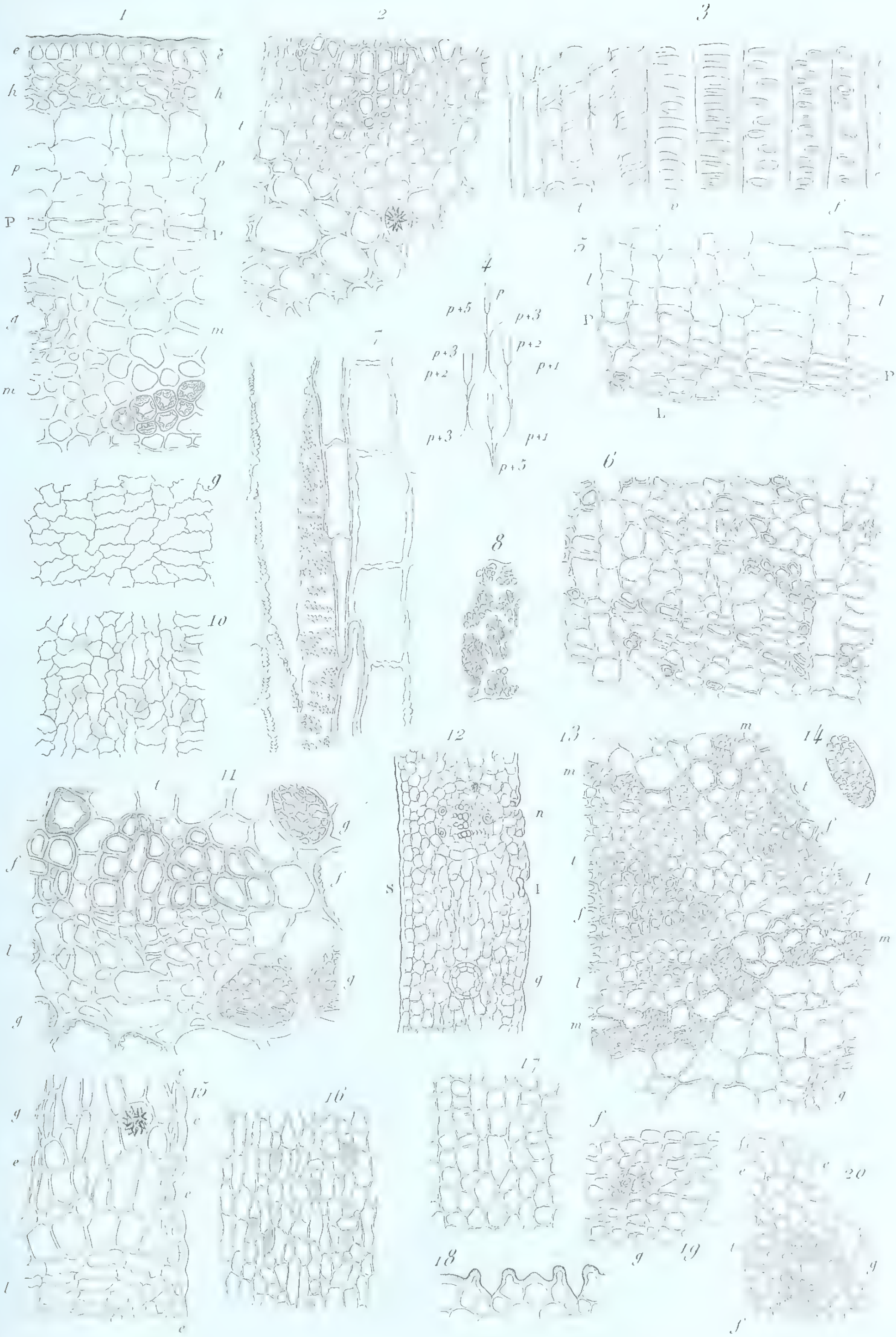
Imp. A. Salmon r. Vieille Estrapade, 15 Paris.



Pierre sc.

Ephedra Toum.

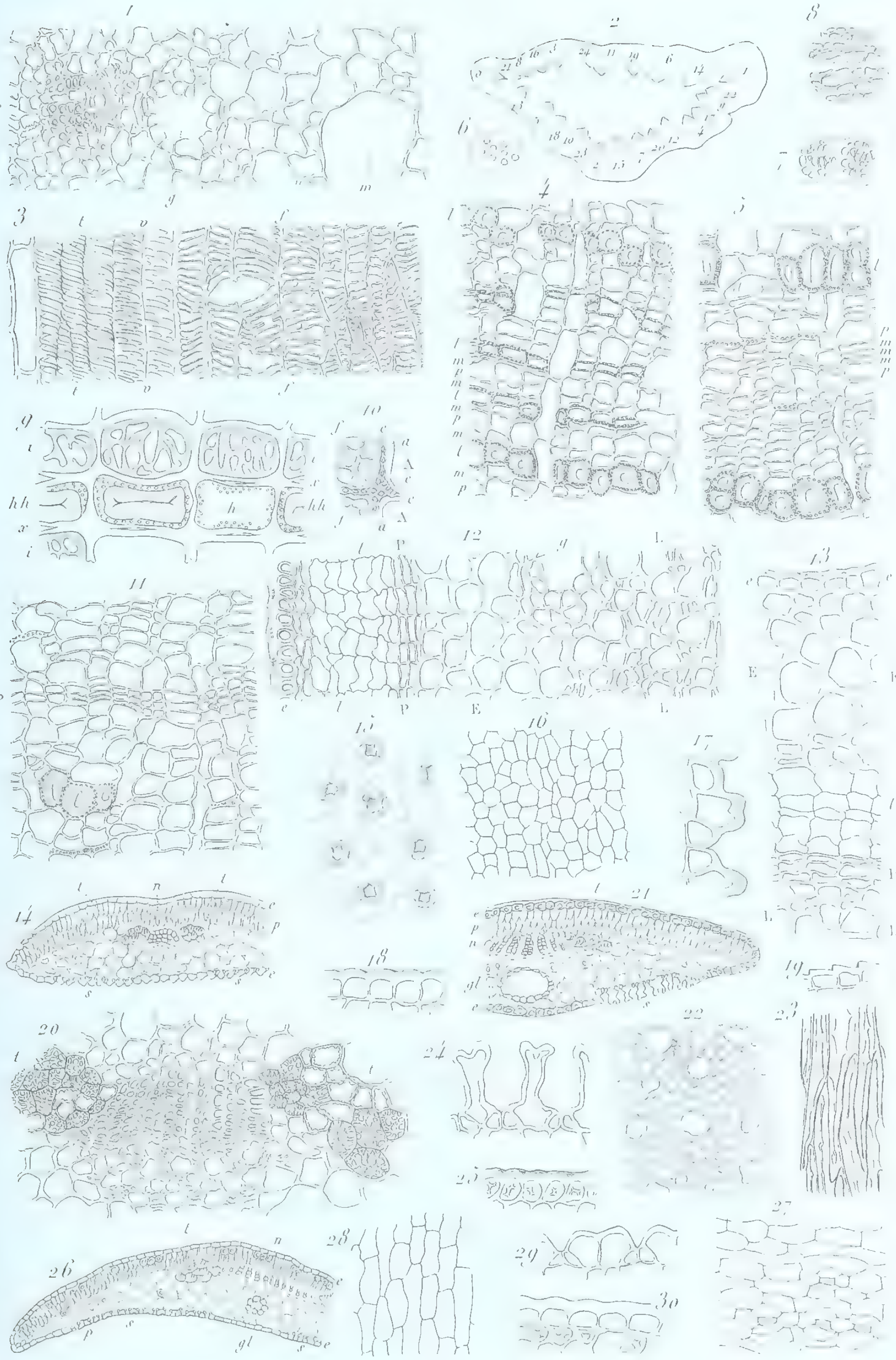
Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15, Paris.



C. E. B. Pierre sc.

Salisburia Smith. Phyllocladus Rich L. C.

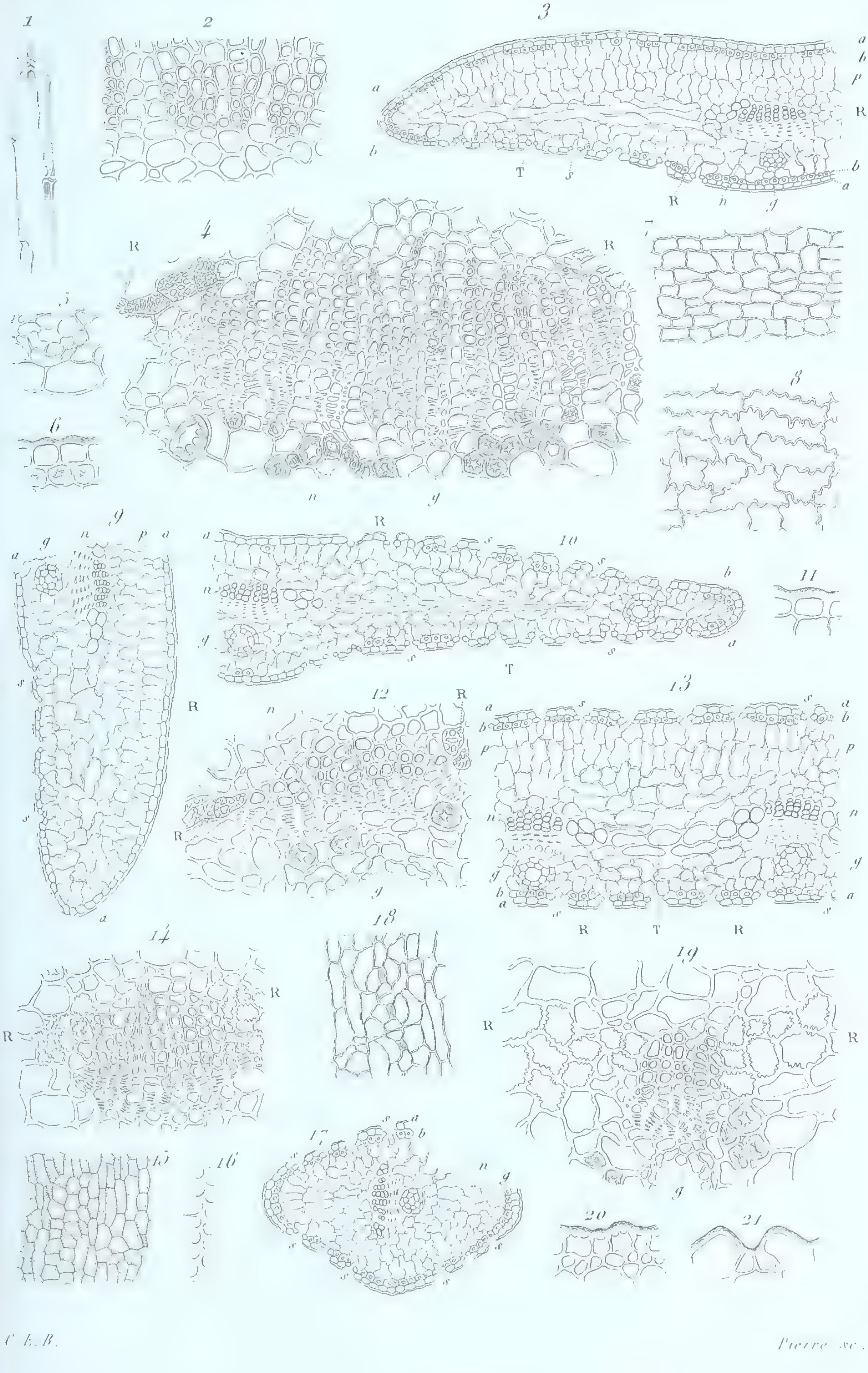
Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15, Paris.



C. E. B. Picart sc.

Taxus Tourn. *Torreya* Arntt. *Cephalotaxus* S. 2.

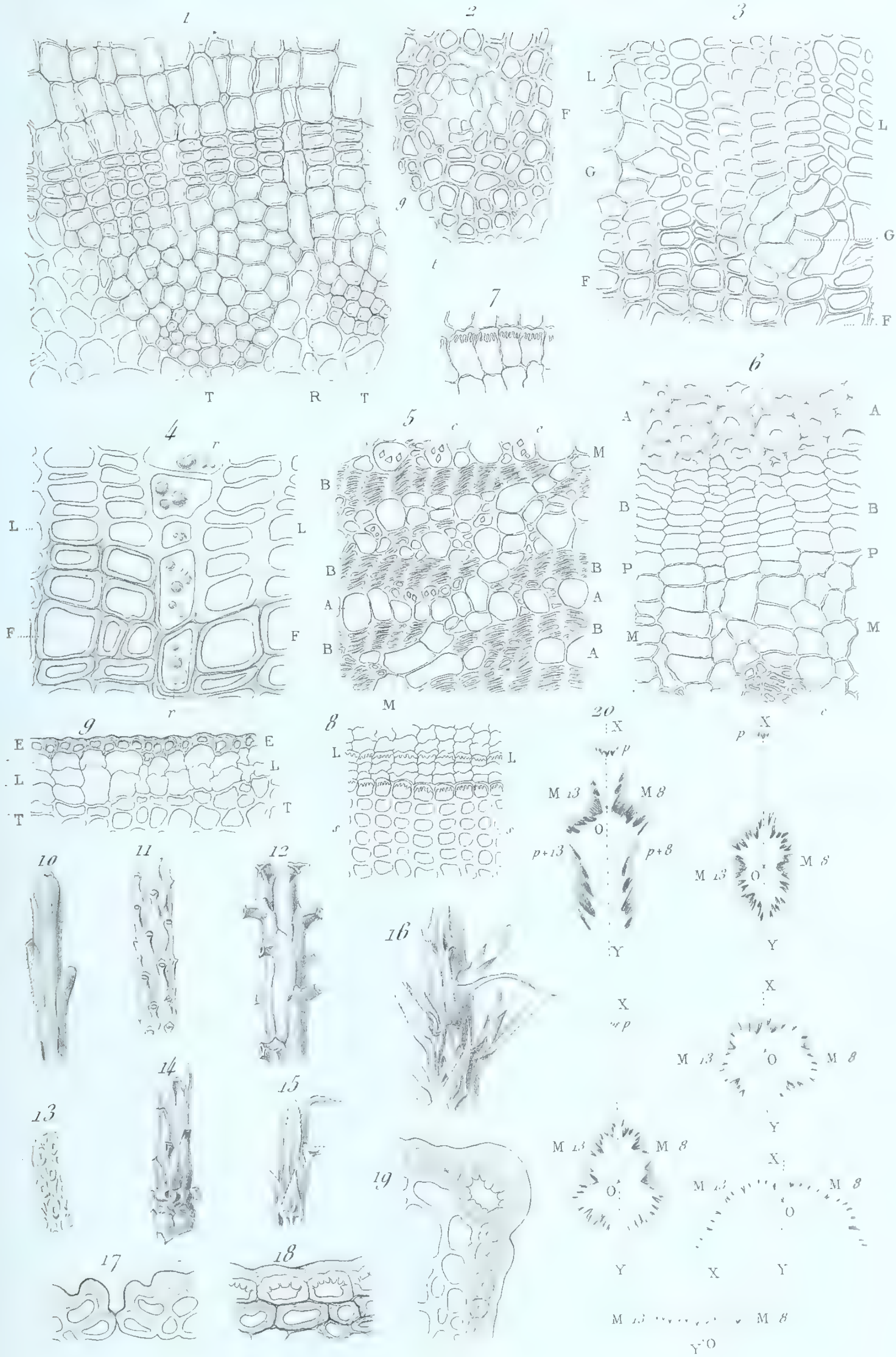
Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15, Paris.



C. E. B. Pierre sc.

Podocarpées.

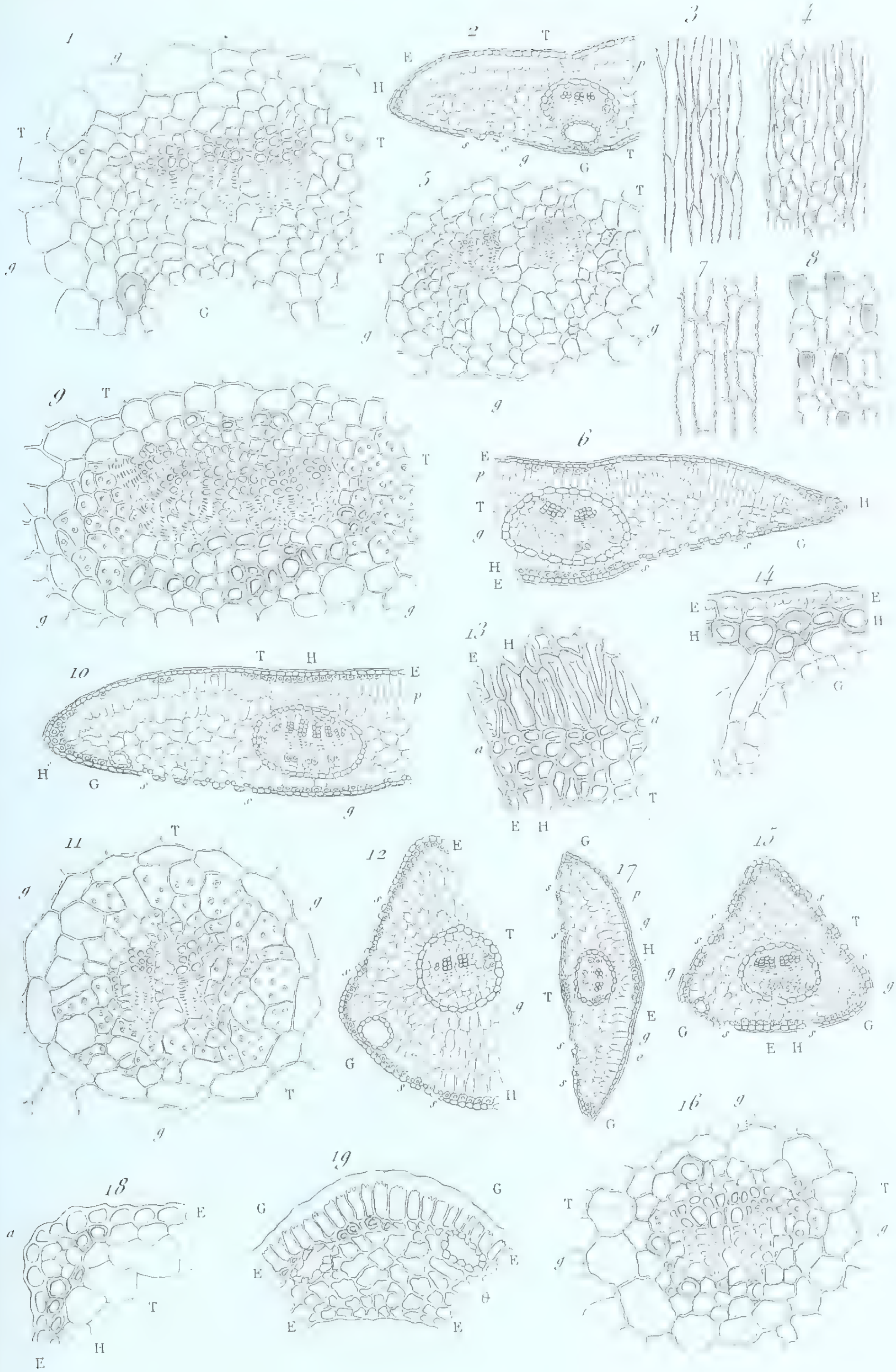
Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15, Paris.



C E B Pierre sc.

Abiétinées, Pinées.

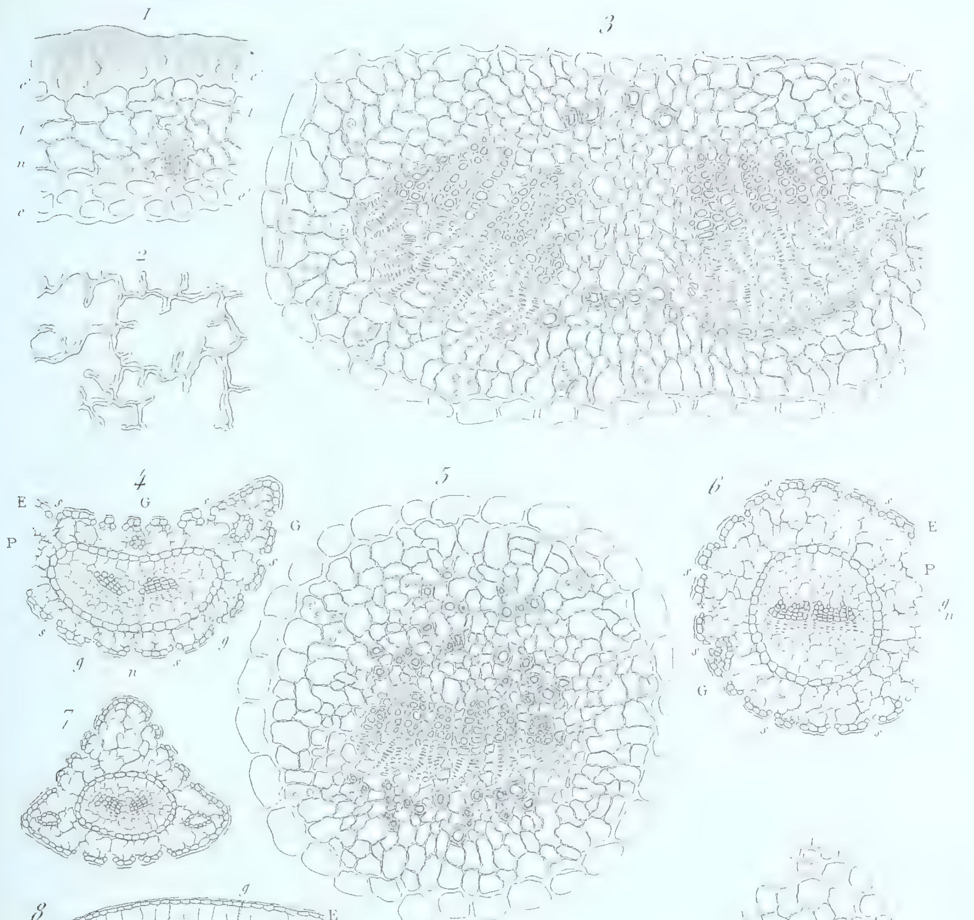
Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade 15 Paris



C. E. B. Pierre sc.

Abiétinées.

Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15, Paris.

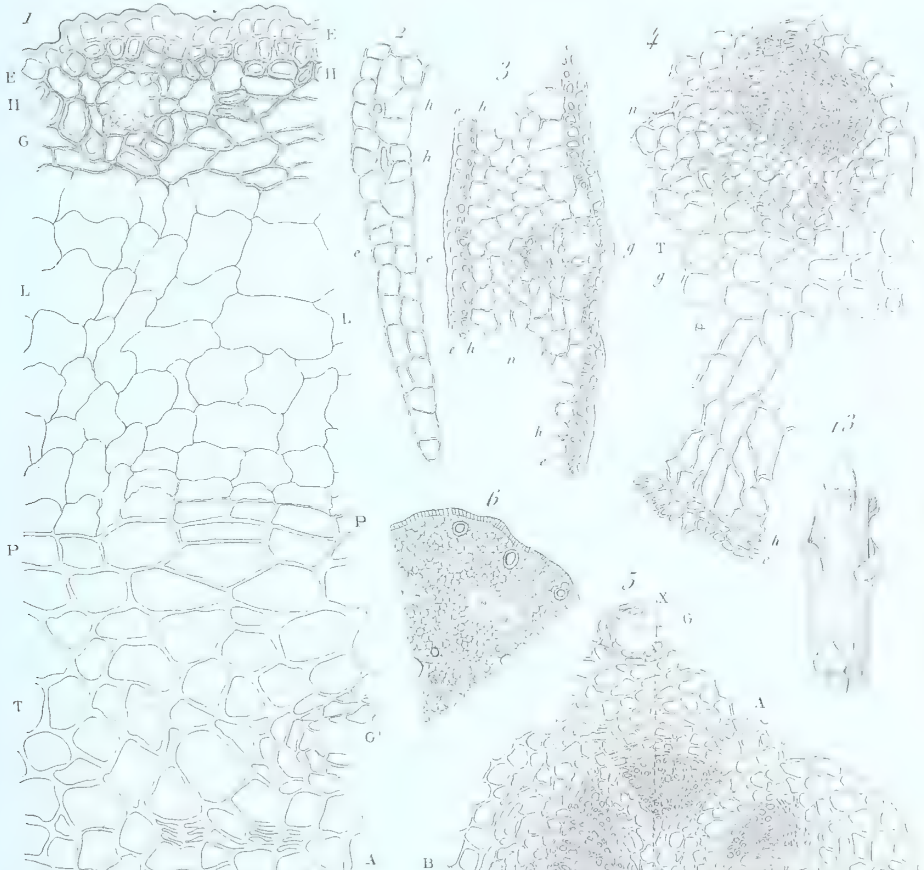


C. E. B.

Pierre sc.

Pinées.

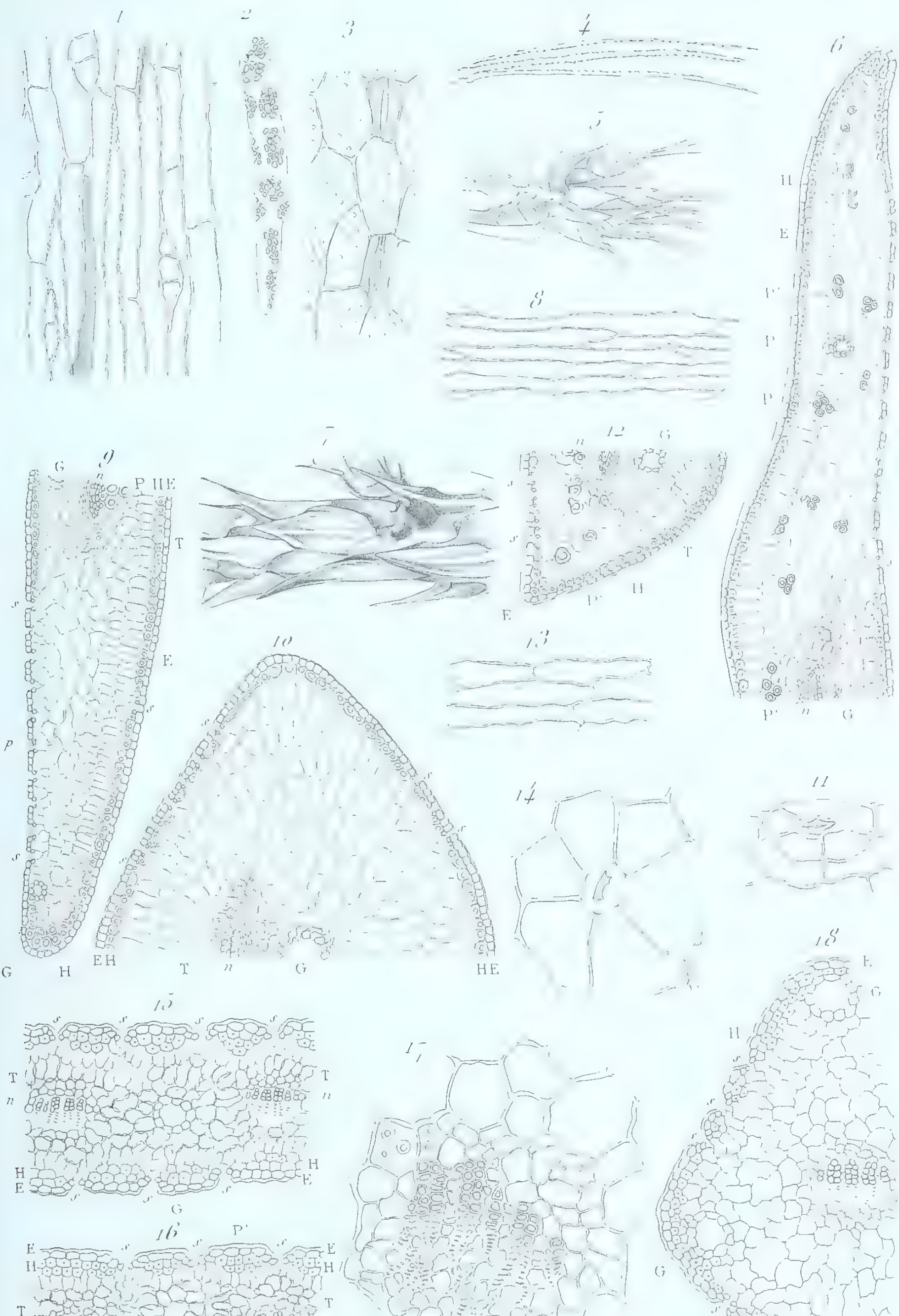
Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15, Paris.



C. E. B. Pierre sc.

Sciadopitys verticillata S. Z.

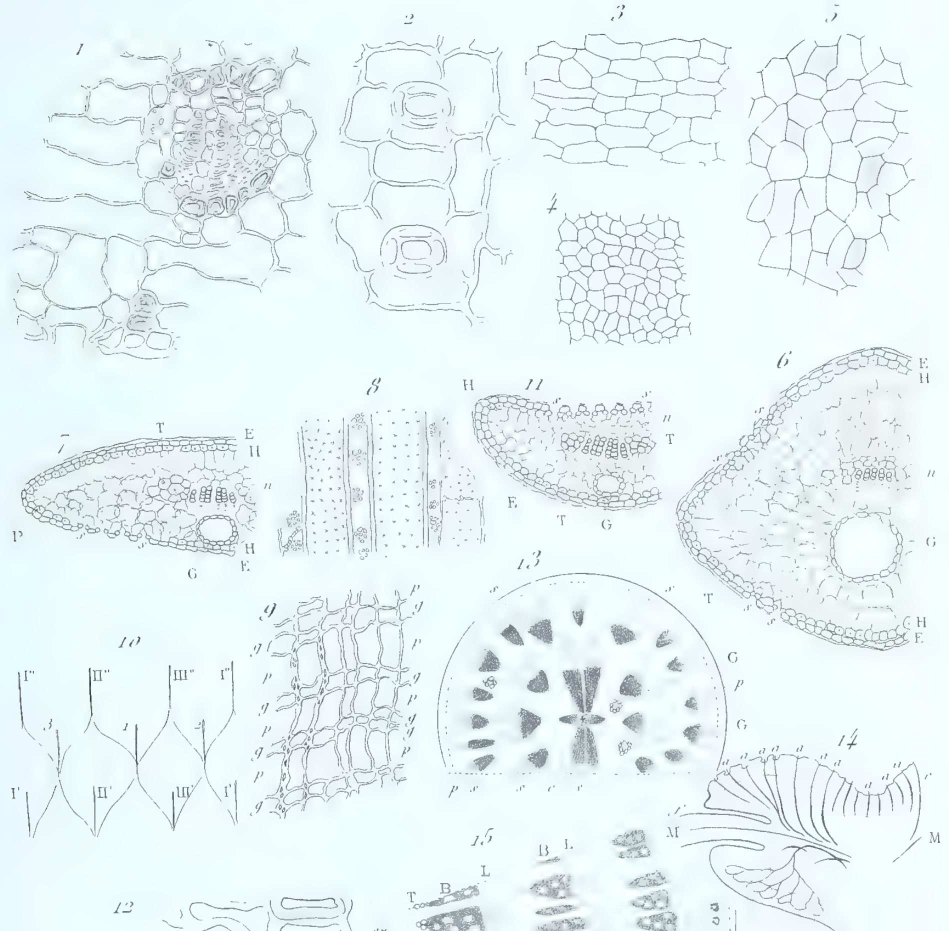
Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15, Paris.



C. E. B. Pierre sc.

Sequoiées, Araucariées.

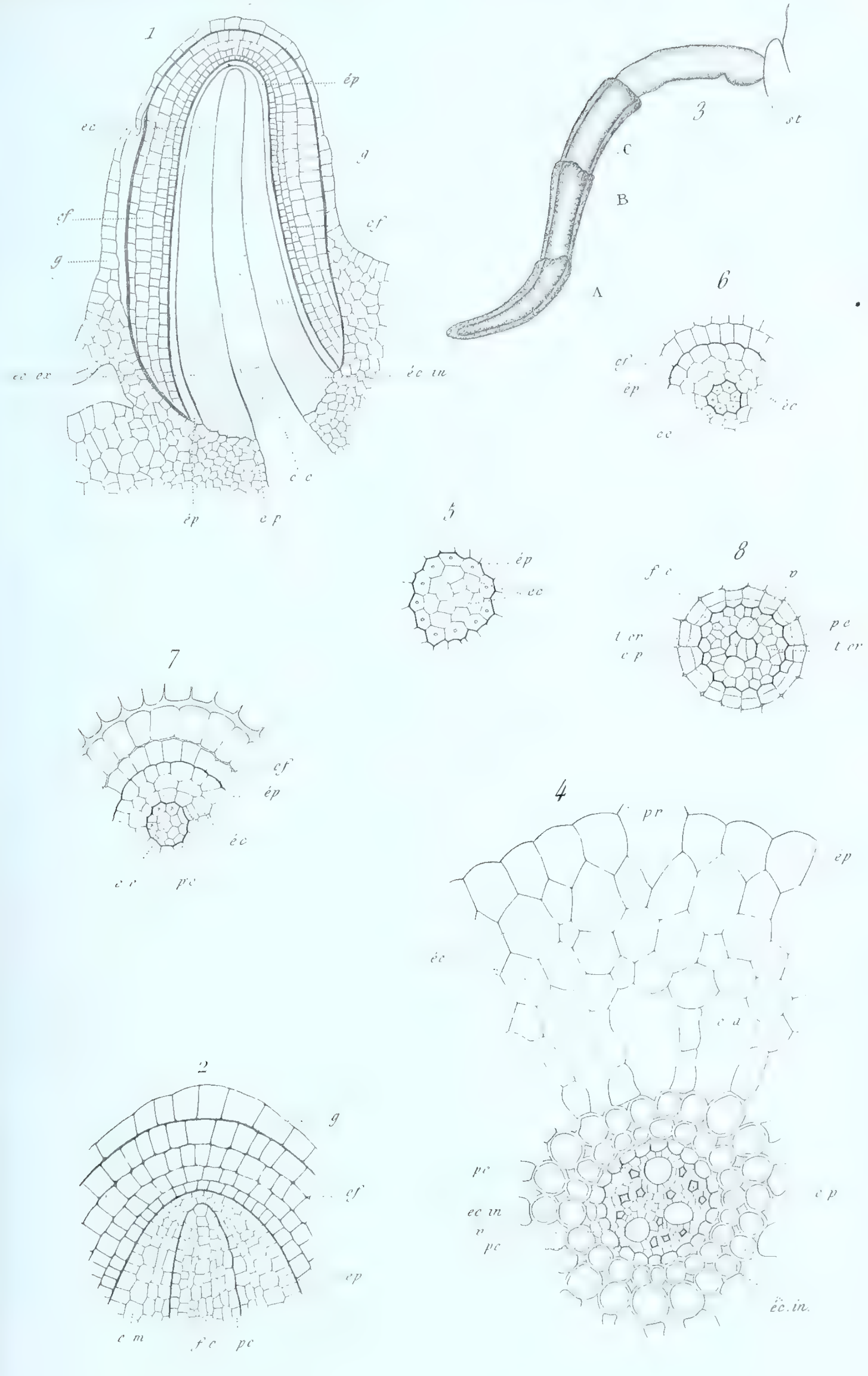
Imp. A. Salmon r. Vieille Estrapade 15 Paris



C. E. B. | *Pierre sc.*

Cupressinées.

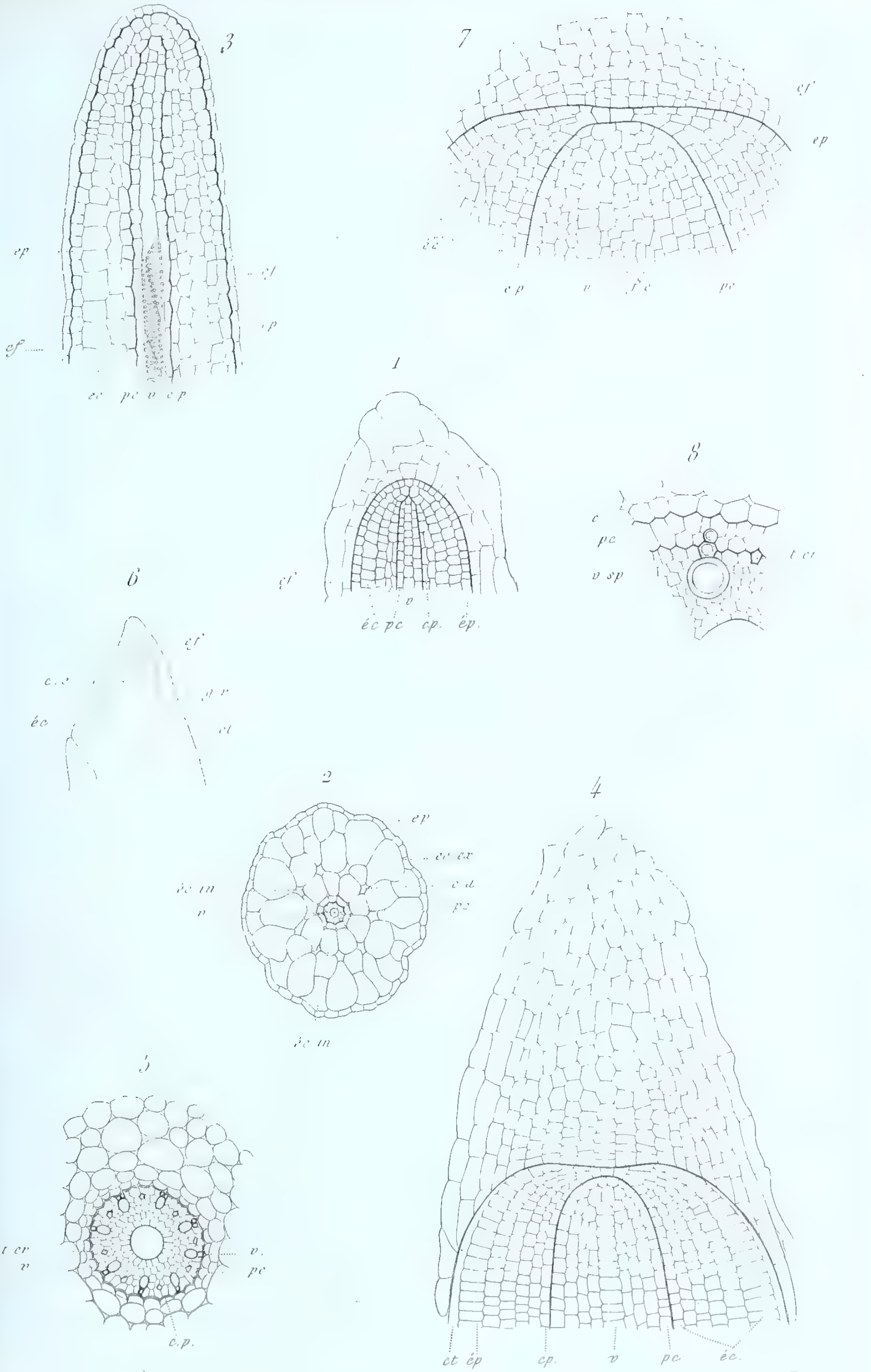
Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15, Paris



Ed. Janczewski del. *Pierre sc.*

Accroissement terminal des Racines.

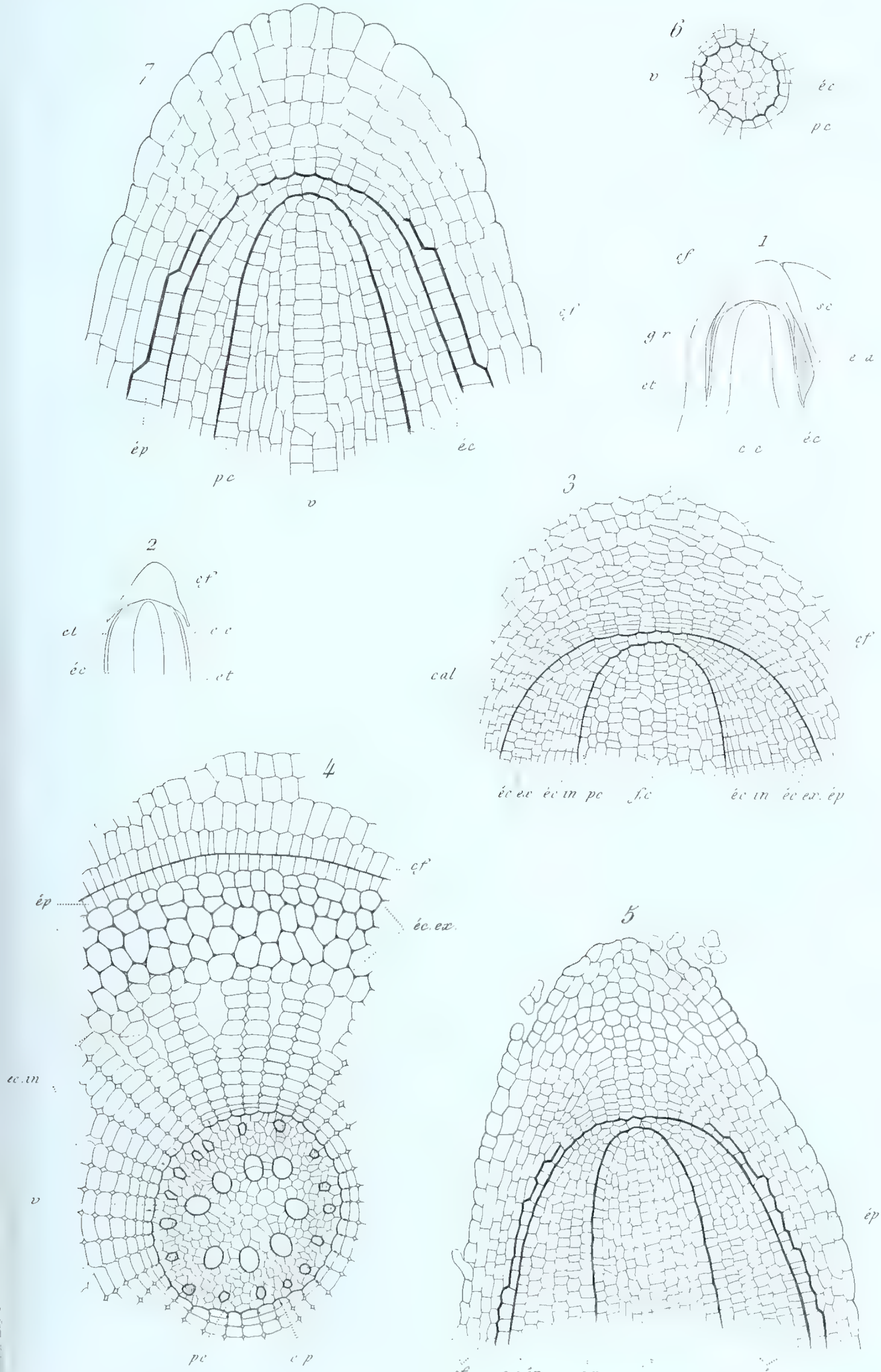
Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15, Paris.



Ed. Janczewski del. Pierre sc.

Accroissement terminal des Racines.

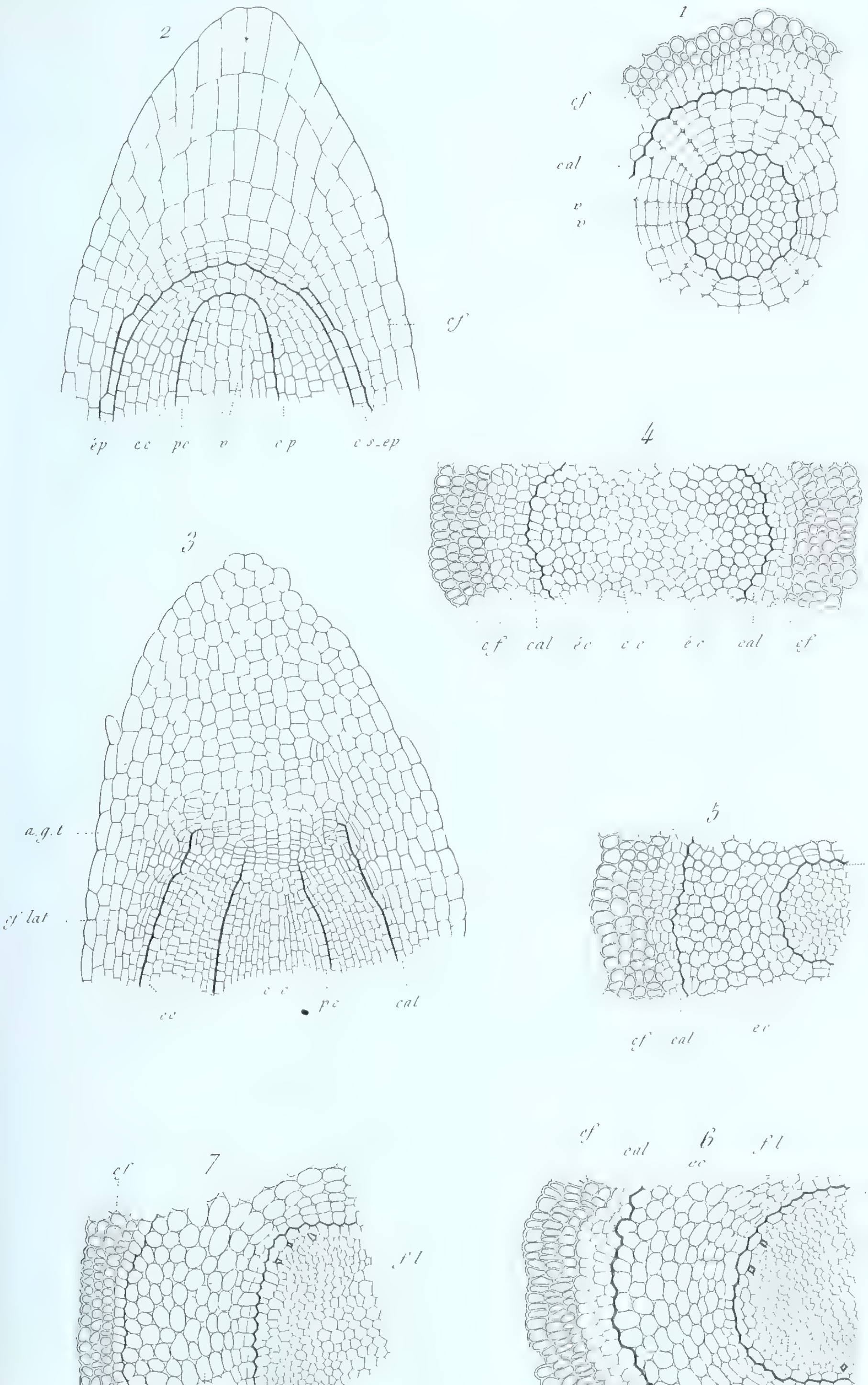
Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade 15. Paris.



Ed. Janczewski del. Pierre sc.

Accroissement terminal des Racines.

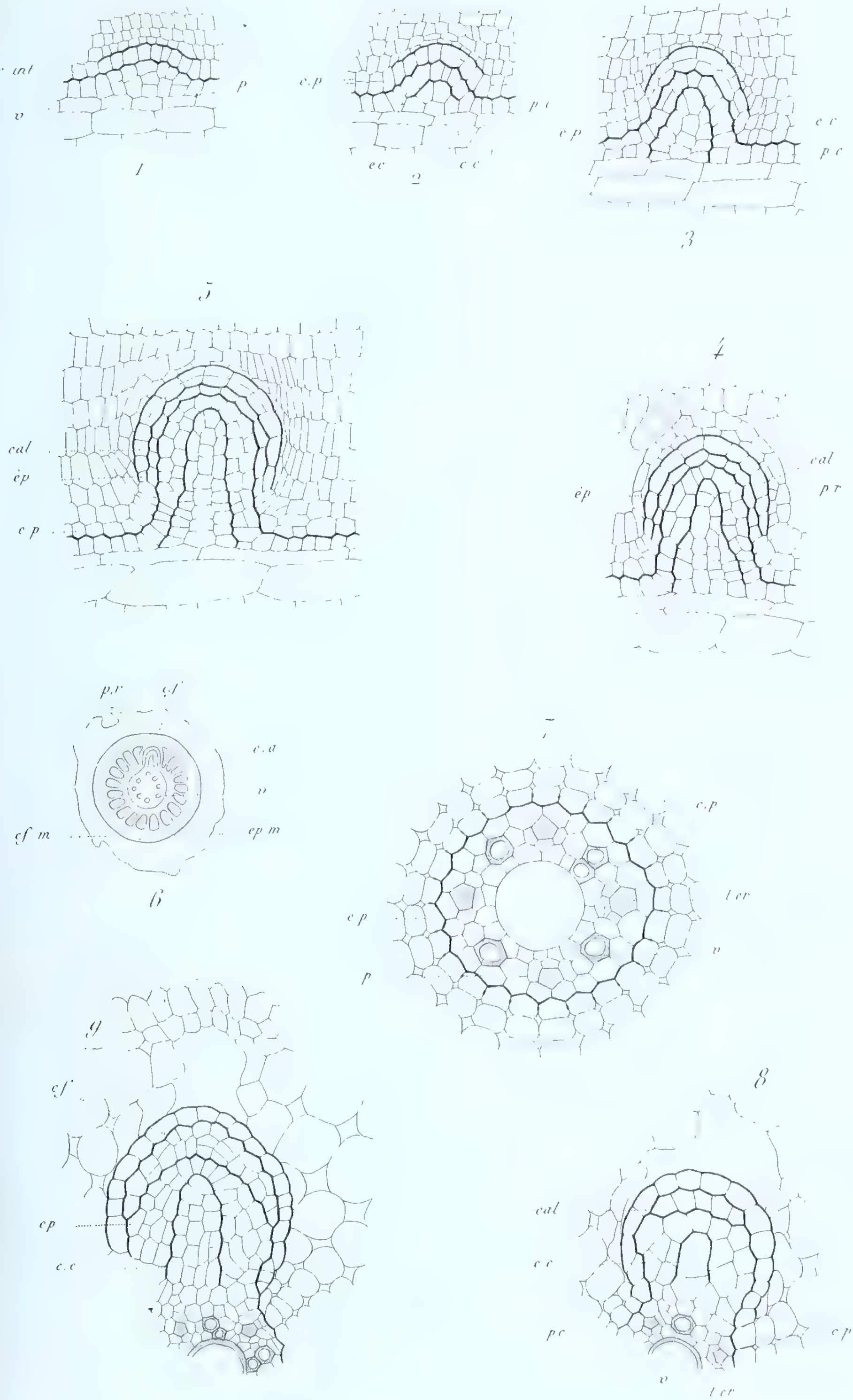
Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15, Paris.



Ed. Janczewski del. Pierre sc.

Accroissement terminal des Racines.

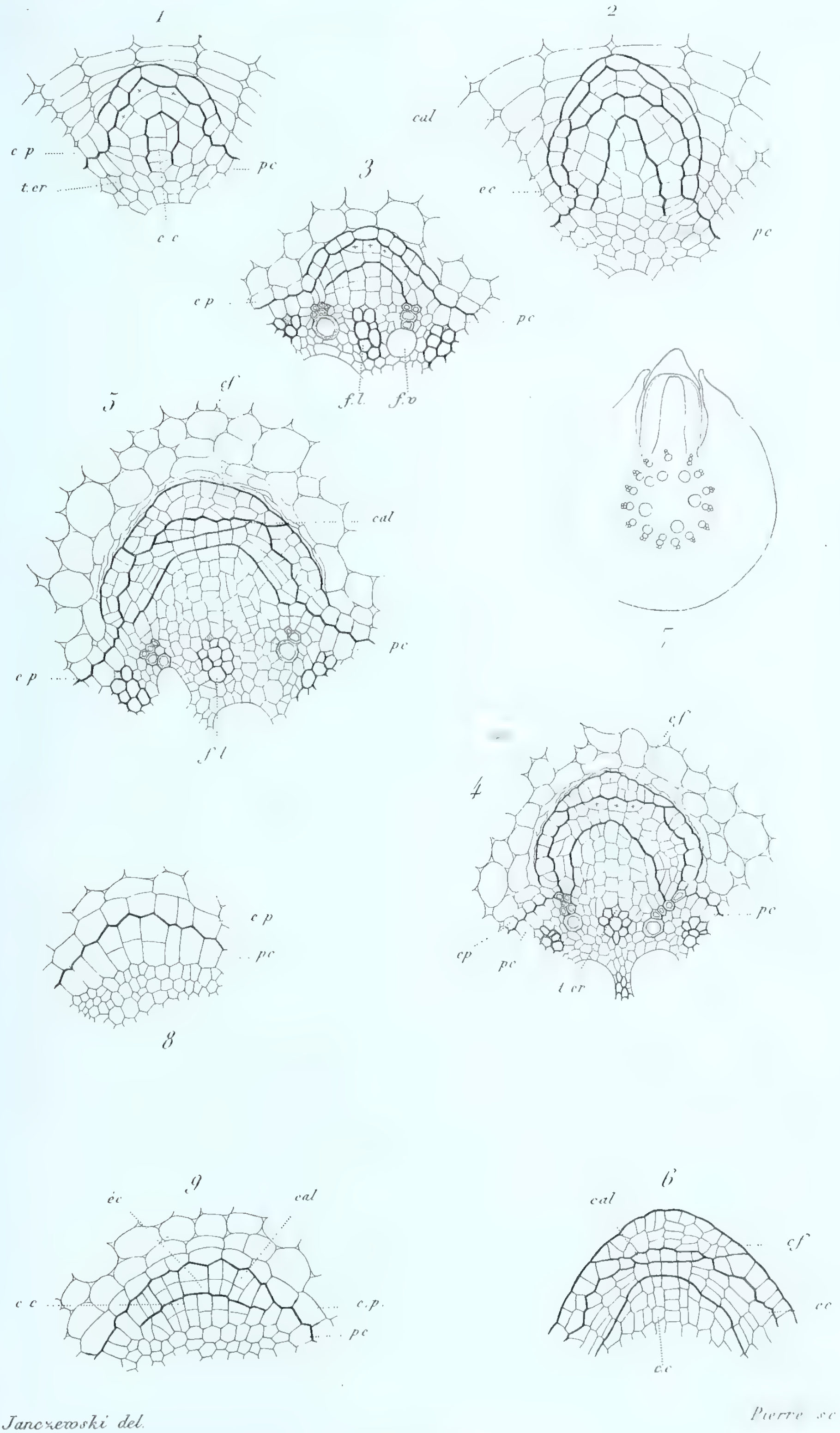
Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15, Paris.



Ed. Janczewski del. Pierre sc

Développement des Radicelles.

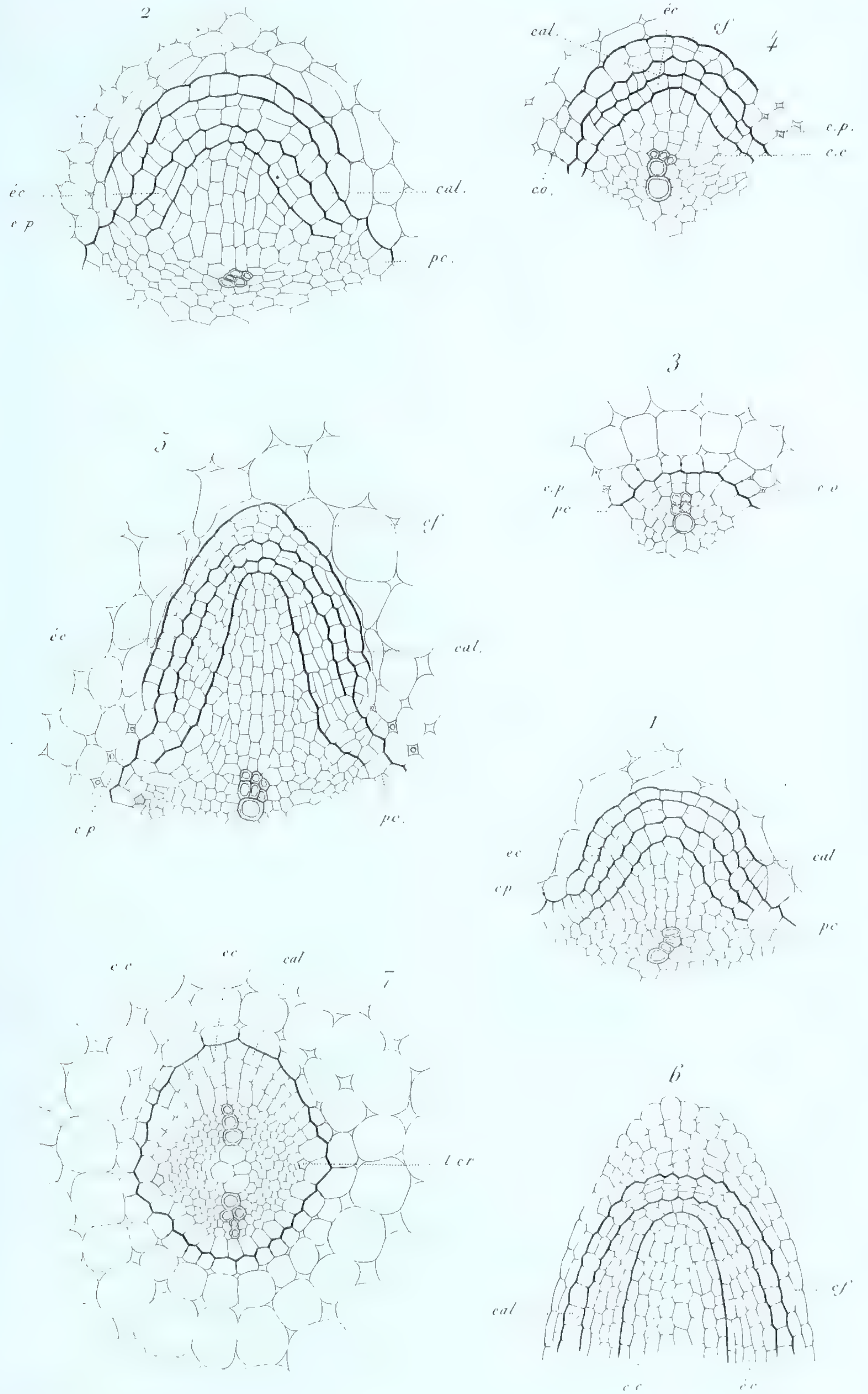
Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15, Paris.



Ed. Janczewski del. Pierre sc.

Développement des Radicelles.

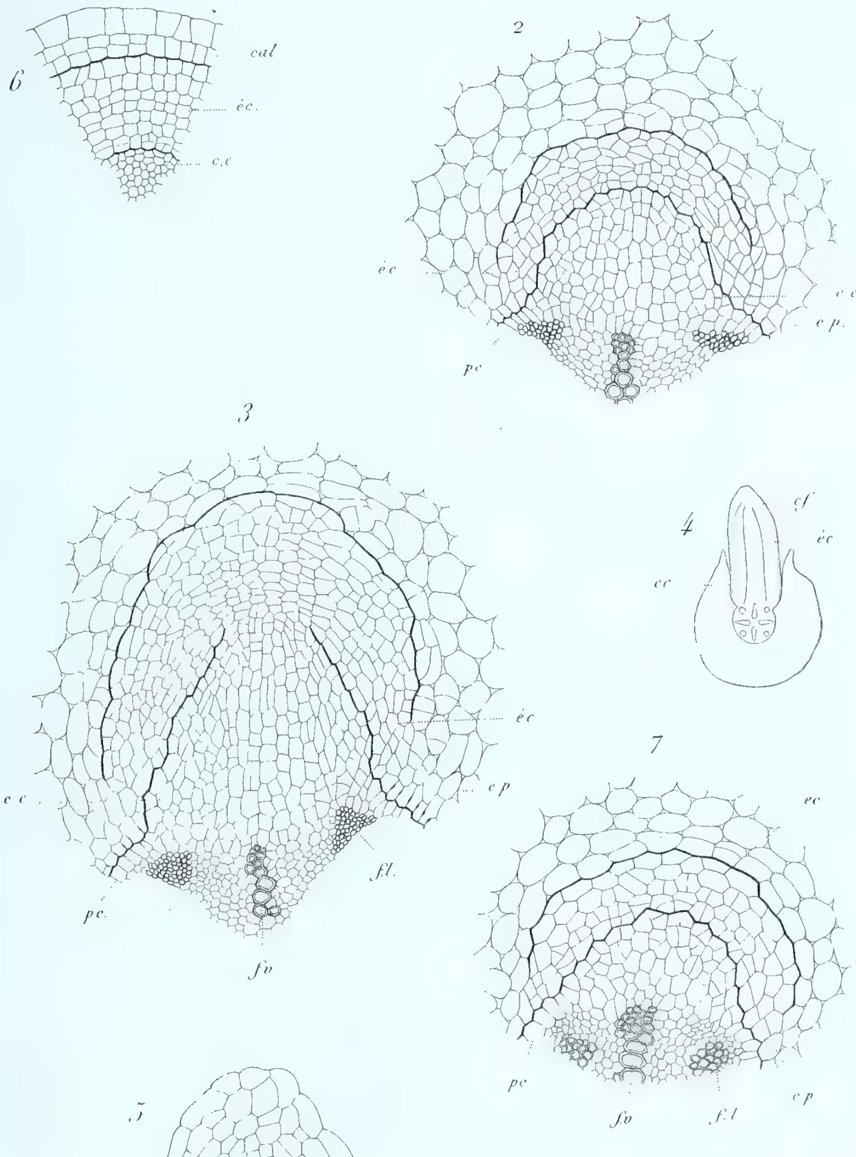
Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15, Paris



F. J. [illegible]anczewski del. Pierre sc.

Développement des Radicelles.

Imp. A. Salmon r. Vieille Estrapade 15 Paris



Ed. Janczewski del.

Pierre sc

Développement des Radicelles.

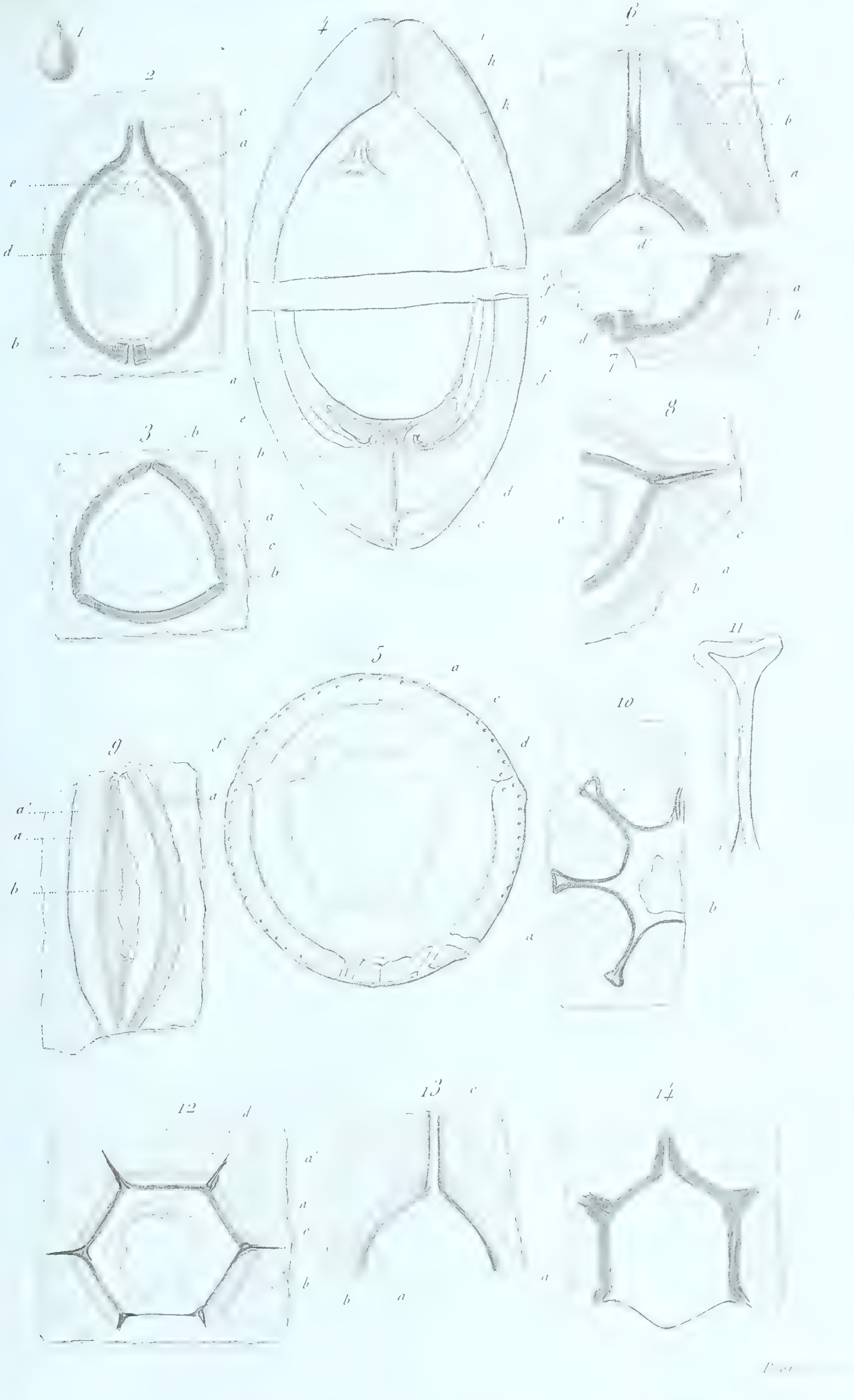
Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15, Paris.



Pierre sc.

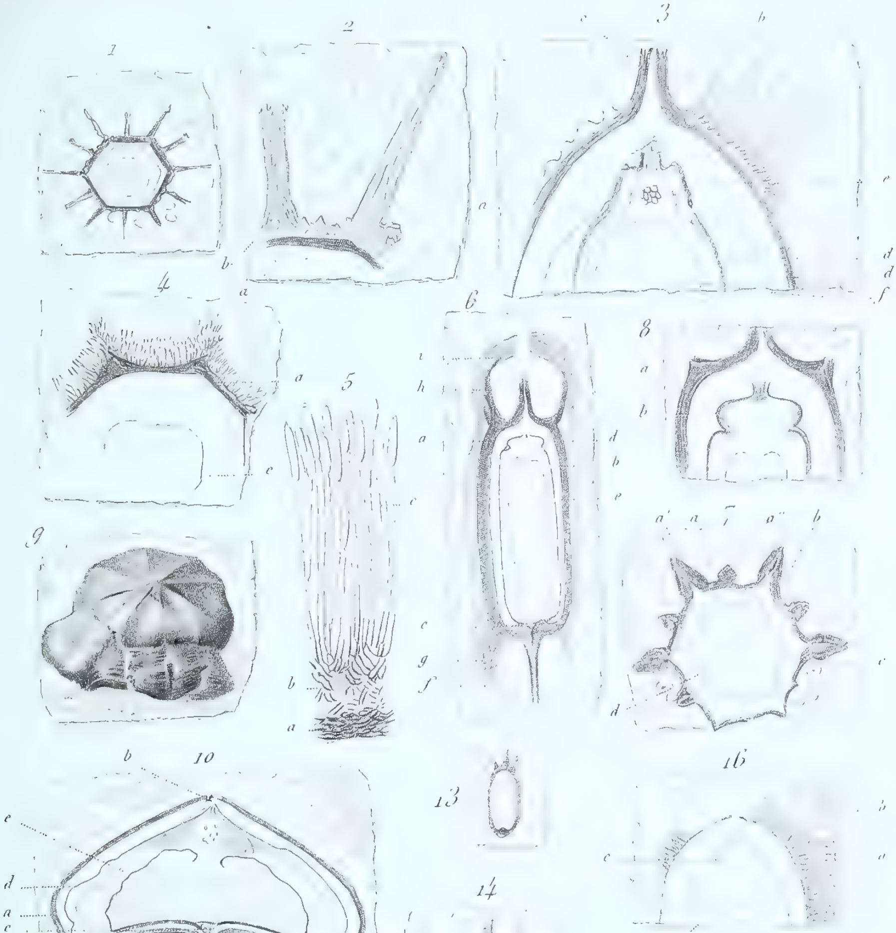
Graines Silicifiées du terrain houiller de St Etienne.

Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15, Paris.



Graines Silicifiées du terrain houiller de St Etienne.

Imp. A. Salmon, r. Vieille Estrapade, 15, Paris.



Pierre

Graines Silicifiées du terrain houiller de St Etienne.

Imp. A. Salmon, r. Vieille-Estrapade, 15, Paris.